

ROCHANA GOMES ROSA

# AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO DE DIFERENTES RESINAS COMPOSTAS ANTES DO POLIMENTO, APÓS O POLIMENTO E APÓS A ESCOVAÇÃO SIMULADA

Dissertação apresentada ao Curso de  
Mestrado Profissional em Clínica  
Odontológica da Universidade Federal do  
Espírito Santo, como requisito parcial para  
obtenção do título de Mestre em Clínica  
Odontológica.

Orientador: Prof. Marco Antônio Masioli

Vitória

2011

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM CLÍNICA ODONTOLÓGICA

ROCHANA GOMES ROSA

**AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO DE DIFERENTES  
RESINAS COMPOSTAS ANTES DO POLIMENTO, APÓS O POLIMENTO E APÓS  
A ESCOVAÇÃO SIMULADA**

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional em Clínica Odontológica da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito final para obtenção do título de Mestre em Clínica Odontológica.

Aprovada 04 / 04 / 2011

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Marco Antônio Masioli  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Orientador

---

Prof. Dr. Antônio Gil Pezzino Rangel  
Universidade Federal do Espírito Santo

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Kátia Regina Hostilio Cervantes Dias  
Universidade Estadual do Rio de Janeiro

# *DEDICATÓRIA*

*À Deus...*

*“Que nos deu o Dom da vida,  
Nos presenteou com a liberdade,  
Nos abençoou com a inteligência,  
Nos deu a graça de lutarmos para a conquista das nossas realizações...”*

*Rui Barbosa*

*Aos meus pais, Paulo e Elenice,*

*Que certamente são os grandes responsáveis por essa vitória, por esse sonho que sonhamos juntos. Obrigada pelo apoio incondicional e incentivo em todas as minhas escolhas, por toda a minha vida.*

*Ao meu marido Hudson...*

*Uma pessoa com uma alma enorme, que sempre acreditou em mim e sempre me incentivou a crescer.*

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

*Aos meus pais, Paulo e Elenice que me deram todas oportunidades para chegar até aqui.*

*Ao meu irmão Felipe, por ser um irmão maravilhoso e sempre me incentivar. Amo vocês!!!!*

*Ao meu marido Hudson pelo carinho, amor e paciência nos momentos difíceis e de ausência, pelo respeito aos meus ideais, pelo irrestrito companheirismo, apoio e confiança.*

*Ao meu orientador, Prof. Dr. Marco Antônio Masioli, por ter acreditado em mim, possibilitando que hoje eu pudesse estar aqui. Por ter contribuído para minha formação profissional.*

## AGRADECIMENTOS

*À amiga e professora Bianca Vimercati, por contribuir para a conclusão desse trabalho, pelos momentos de amizade, por dividir suas experiências de trabalho comigo. Obrigada por tudo!*

*À amiga e doutora Lucilei Lopes Bonato, por gentilmente me receber em sua casa, por me acolher com muito carinho durante minha estada em Taubaté. Sem você, provavelmente parte desta dissertação não seria possível. Obrigada também Amanda e Danilo, por tornar meus dias em Taubaté mais agradáveis.*

*Ao Prof. Aloir e ao Laboratório de Metrologia da UFES, pela ajuda com as medições de rugosidade superficial e por ser tão receptivo.*

*À Thaís por toda sua ajuda com as pesagens realizadas no LAVEBES.*

*À amiga Camila, pela amizade de quase uma vida, pelos momentos de ajuda nos meus momentos críticos para a conclusão desse trabalho, pela convivência agradável no trabalho. Simplesmente por ser minha amiga. Adoro você!!!!*

*Aos amigos e colegas de profissão e mestrado Hindra, Valéria, Cíntia, Letícia, Priscila, Tereza, Lília, Carolíne, Bruno, Gabriel, Nilton e Sarcenelli. Foi muito bom trabalhar com vocês!!!*

*Ao Fabiano Oliveira pela análise estatística.*

*Aos Profs. do Mestrado em Clínica Odontológica da UFES, por possibilitarem a minha formação profissional em nível de pós-graduação, pelos conselhos e apoio as minhas decisões.*

*Ao secretário do Mestrado, Igor, por toda ajuda.*

*Na certeza de que seria impossível lembrar de todos que, direta ou indiretamente, contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho, deixo aqui meus sinceros agradecimentos àqueles que fizeram parte desta conquista.*

ROSA, R.G. **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de diferentes resinas compostas antes do polimento, após o polimento e após a escovação simulada.** 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Mestrado Profissional em Clínica Odontológica da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

## RESUMO

O objetivo desse estudo, *in vitro*, foi avaliar a resistência ao desgaste abrasivo de quatro resinas compostas, Filtek Supreme (3M ESPE) Esthet X (Dentply), Durafill VS (Heraeus Kulzer) e Opallis (FGM). Foram confeccionados 10 corpos de prova, na cor A2, com formato cilíndrico (8mm de diâmetro X 3mm de espessura) de cada material. A resistência ao desgaste abrasivo foi avaliada através da análise das alterações na massa e na rugosidade superficial das amostras após o polimento e após a escovação simulada. As mensurações iniciais (sem polimento), intermediárias (pós-polimento) e finais (pós-escovação simulada) de massa foram obtidas através de balança eletrônica com precisão de 0,0001 g ( $10^{-4}$ ). As aferições da rugosidade superficial foram feitas por um rugosímetro Surtronic 3+ (Taylor-Hobson), utilizando parâmetro de medição  $R_a$  expresso em  $\mu\text{m}$ , com *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 2,5mm. O teste abrasivo foi realizado em uma máquina de escovação simulada, utilizando escovas dentais de cerdas macias, sob 200g de carga, com velocidade de 374 ciclos/min e solução de dentífrico e água deionizada na proporção de 1:2. As amostras foram submetidas a 100.000 ciclos de escovação. As escovas foram substituídas a cada 50.000 ciclos e a solução foi constantemente repostada durante o teste. Para a avaliação das alterações decorrentes do teste abrasivo foram calculadas as diferenças entre as médias intermediárias e iniciais, e finais e intermediárias de massa e de rugosidade superficial e os valores foram convertidos em porcentagem. Os dados foram analisados estatisticamente através dos teste t pareado, Wilcoxon, Kruska-Wallis, Mann-Whitney e correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). Os resultados demonstraram que todos os materiais apresentaram redução estatisticamente significativa da massa e aumento estatisticamente significativo da rugosidade superficial após a escovação simulada. Considerando as alterações na massa, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados após o polimento foi (FS=DU)>(OP=EX), e após a

escovação foi  $(FS=DU) > (OP=DE=EX)$ . Com relação às alterações na rugosidade superficial, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados após o polimento foi  $(FS=OP) < (OP=EX=DU)$ , e após a escovação foi  $(FS=OP=EX=DU)$ . Os métodos de avaliação de resistência ao desgaste não possuem correlação. Com base nos resultados concluiu-se que dentre as resinas avaliadas existem diferenças na resistência à abrasão, entretanto, todas desgastam e ficam mais rugosas em consequência de forças abrasivas por escovação simulada. As alterações de massa e de rugosidade superficial das resinas compostas não estão correlacionadas.

**Palavras-chave:** Resina composta. Rugosidade superficial. Escovação simulada. Desgaste abrasivo.



ROSA, R.G. **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de diferentes resinas compostas antes do polimento, após o polimento e após a escovação simulada.** 2011. 89f. Dissertação (Mestrado em Clínica Odontológica) – Mestrado Profissional em Clínica Odontológica da Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

## ABSTRACT

The aim of this *in vitro* study was to evaluate the wear strength of four resin composites Filtek Supreme (3M ESPE) Esthet X (Dentsply), Durafill VS (Heraeus Kulzer) e Opallis (FGM). Ten cylinder-shaped specimens (8mm diameter, 3mm thickness) of composite resin (A2 shade) were made for each material. Wear strengths were evaluated by mass and surface roughness changes of the specimens subjected to polishing and simulated brushing. Baseline (no polishing), median (after polishing) and final (after simulated toothbrushing) measurements were obtained using a precision electronic balance with 0.0001g ( $10^{-4}$ ) accuracy. Baseline, median and final surface roughness measurements were made using a profilometer Surtronic 3+ (Taylor-Hobson),  $R_a$  parameter in  $\mu\text{m}$ , cut-off 0.25mm and 2,5mm traversing length. Abrasion test was performed in a toothbrushing simulation device, using soft bristle toothbrushes, 200g loading, 374 cycles/min and a dentifrice/deionized water slurry in a 1:2 proportion. The specimens were subjected to 100.000 brushing cycles. The toothbrushes were replaced each 50,000 cycles and the slurry was continuously replaced throughout the test. Mass loss changes and surface roughness were calculated from the differences between baseline and median, median and final mass mean values, and were then converted in percent. Data were statistically analyzed using paired t-Test, Wilcoxon, Kruskal-Wallis, Mann-Whitney, and Pearson correlation tests ( $p < 0,05$ ). The results have shown that all the material presented statistically significant mass loss, and a significant increase of surface roughness after the simulated toothbrushing. Regarding the mass changes, the wear strengths of the material, after polishing, in the increasing order were (FS=DU) > (OP=EX), and after simulated toothbrushing were ((FS=DU) > (OP=DU=EX). The surface roughness after polishing in increasing order of the material were (FS=OP) < (OP=EX=DU), and after simulated toothbrushing were (FS=OP=EX=DU). The methods of wear strength evaluation did not present correlation. It was concluded that the resins composites

tested presented statistically significant differences of wear strengths. However, all composites presented wear and increased surface roughness because of the abrasive forces from simulated toothbrushing. Mass loss and surface roughness changes did not present statistic correlation.

**Keywords:** Resin composite. Surface roughness. Simulated toothbrushing. Wear strength.

## LISTAS DE FIGURAS

Figura 1A - Matriz de aço bipartida desmontada _____	54
Figura 1B - Matriz de aço montada utilizada para confecção dos corpos-de-prova _____	54
Figura 2A - Inserção da resina composta na matriz com auxílio de uma espátula _____	55
Figura 2B - Matiz de poliéster posicionada sobre a resina _____	55
Figura 2C - Lamínula de vidro posicionada sobre a matriz de poliéster _____	55
Figura 2D - Fotopolimerização inicial através da lamínula _____	55
Figura 2E - Corpo-de-prova polimerizado na matriz de aço _____	55
Figura 2F - Separação da matriz de aço para remoção do corpo-de-prova _____	55
Figura 2G - Corpos-de-prova prontos, após remoção de saliências laterais _____	55
Figura 3A - Balança eletrônica utilizada para determinação de massa dos corpos-de-prova _____	56
Figura 3B - Balança analítica sendo calibrada para iniciar as pesagens dos corpos-de-prova _____	56
Figura 4 - Rugosímetro utilizado para determinação da rugosidade superficial dos corpos-de-prova _____	57
Figura 5 - Calibração do rugosímetro utilizado para determinar a rugosidade superficial dos corpos-de-prova _____	57
Figura 6 - Esquema de direção das leituras no corpo-de-prova _____	58
Figura 7A - Máquina de escovação simulada usada no teste de abrasão _____	59
Figura 7B - Vista aproximada da matriz onde são posicionados os corpos-de-prova _____	60

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Apresentação das características das resinas compostas, fabricante, cor, lote e validade _____	51
Quadro 2 - Composição básica das resinas compostas empregadas _____	52
Quadro 3 - Composição do dentifrício utilizado _____	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Médias iniciais, intermediárias, finais, desvios-padrões de massa das resinas compostas avaliadas e os p-valores obtidos na análise estatística_____	63
Tabela 2 - Porcentagens das alterações na massa das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e o resultado do teste de Mann-Whitney _____	64
Tabela 3 - Médias iniciais, intermediárias, finais, desvios-padrões de rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas e os p-valores obtidos na análise estatística_____	65
Tabela 4 - Porcentagens das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e o resultado do teste de Mann-Whitney _____	66
Tabela 5 - Coeficiente de correlação de Spearman e p-valores para a alteração da rugosidade superficial em função da alteração de massa dos corpos-de-prova de cada grupo _____	68



## LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (FS) \_\_\_\_\_ 82

Apêndice B - Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (FS) \_\_\_\_\_ 83

Apêndice C - Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Esthet X (EX) \_\_\_\_\_ 84

Apêndice D - Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Esthet X (EX) \_\_\_\_\_ 85

Apêndice E - Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Durafill VS (DU) \_\_\_\_\_ 86

Apêndice F - Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Durafill VS (DU) \_\_\_\_\_ 87

Apêndice G - Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Opallis (OP)

---

88

Apêndice H - Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Opallis (OP)

---

89



## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	porcentagem
<	maior que
>	menor que
µm	micrometro
BisEMA	bisfenol A-etoxilatodimetacrilato
BisGMA	bisfenol A-glicidilmetacritato
dp	desvio padrão
g	grama
MEV	microscopia eletrônica de varredura
p	nível de significância
R <sub>a</sub>	desvio aritmético médio (analisado em rugosímetro)
TEGDMA	trietilenoglicoldimetacrilato
TMPT	trimetilopropanotrimetacrilato
UEDMA	uretanodimetacrilato

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>20</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>PROPOSIÇÃO</b>	<b>49</b>
<b>4</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>50</b>
4.1	MATERIAL	50
4.2	MÉTODO	53
4.2.1	Obtenção dos corpos-de-prova	53
4.2.2	Determinação da massa inicial (Mi)	56
4.2.3	Determinação da rugosidade superficial inicial (RI)	56
4.2.4	Procedimentos de polimento	58
4.2.5	Determinação da massa e rugosidade intermediária (MM e RM)	58
4.2.6	Ensaio de escovação simulada	59
4.2.7	Determinação da massa final (MF)	61
4.2.8	Determinação da rugosidade final (RF)	61
4.2.9	Alteração na massa dos corpos-de-prova	62
4.2.10	Alteração na rugosidade superficial dos corpos-de-prova	62
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>63</b>
5.1	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE MASSA	63
5.2	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE MASSA	65
5.3	CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA E RUGOSIDADE SUPERFICIAL	68
<b>6</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>70</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>76</b>
<b>8</b>	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>77</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Os compósitos vêm se tornando cada vez mais populares na Odontologia, desde que Bowen (1963) incorporou partículas inorgânicas a uma matriz resinosa. As primeiras resinas compostas lançadas no mercado continham partículas de carga grandes (50 a 100µm) e propriedades físicas e mecânicas deficientes. Esses compósitos sofreram modificações, e os mais utilizados eram os microhíbridos e os microparticulados, que apresentam partículas de carga com tamanhos variando de 0,5 a 4 µm e 0,02 a 0,09 µm, respectivamente. É conhecido que a morfologia e o tamanho das partículas têm grande influência nas diversas propriedades do material, como lisura superficial, viscosidade, resistência à fratura, desgaste, contração e profundidade de polimerização (MARTINS et al., 2002). Dessa forma, os compósitos nanohíbridos e nanoparticulados foram introduzidos no mercado recentemente na tentativa de se ter um único material que pudesse restaurar tanto áreas posteriores quanto anteriores, apresentando alto polimento inicial combinado com retenção de brilho e polimento superior (MITRA, WU, HOLMES, 2003).

Um dos principais problemas inerentes às resinas compostas ainda é o desgaste. Esse mecanismo traz conseqüências graves às restaurações, que comprometem a longevidade clínica das mesmas.

Considerando os aspectos funcionais e fisiológicos, o desgaste resulta em perda da forma anatômica das restaurações, degradação e infiltração marginal, aumento da rugosidade superficial, acúmulo de placa bacteriana, inflamação gengival e aspereza superficial detectável pelo paciente. Com relação aos aspectos estéticos, as conseqüências do desgaste são a diminuição do brilho e o manchamento superficial das restaurações de resina compostas (KANTER; KOSHI; MARTIN, 1982; KAWAI, ISENBERG; LEINFELDER, 1993; BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997; JONES; BILLINGTON; PEARSON, 2004; LEE et al., 2005).

Muitas são as formas de desgaste às quais não somente as restaurações, mas também os órgãos dentais, estão expostos na cavidade oral, dentre elas, o desgaste por atrição, o desgaste químico e o desgaste abrasivo. Existem diversos testes

laboratoriais para avaliar a resistência ao desgaste abrasivo (HEATH; WILSON, 1976; HARRINGTON et al., 1982; MCKINNY; WU, 1985; DE GEE; HARKEL-HAGENNAR; DAVIDSON, 1985), dentre eles, o teste de escovação simulada, é valido para obter dados comparativos das resinas compostas.

A resistência ao desgaste abrasivo por escovação dos materiais restauradores é influenciada por fatores gerais com, por exemplo, a pressão exercida pelo paciente durante a escovação, a consistência das cerdas das escovas dentais, o momento da escovação e a abrasividade dos dentifrícios, e também por fatores específicos, relacionados às características individuais de cada material restaurador. Considerando as resinas compostas, a composição orgânica e inorgânica desses materiais, o conteúdo de carga, a força de adesão entre as partículas inorgânicas e a matriz orgânica, a ligação do silano, o grau de conversão da matriz e a qualidade do acabamento e polimento são alguns dos fatores que influenciam a resistência ao desgaste abrasivo desses materiais (JAARDA; WANG; LANG, 1997; KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001; TURSSI et al., 2001; LIM et al., 2002).

Uma boa qualidade dos procedimentos de acabamento e polimento, certamente proporcionará longevidade clínica à restauração. A presença de irregularidades na superfície do material restaurador, além de influenciar na resistência ao desgaste abrasivo, pode levar a uma série de problemas, como: acúmulo de biofilme, irritação dos tecidos adjacentes e perda imediata na qualidade estética da restauração (BOUVIER; DUPREZ; LISSAC, 1997).

Nos últimos anos, houve uma dedicação no desenvolvimento de resinas compostas que sejam resistentes ao desgaste e ao mesmo tempo estéticas. A escovação dental tem sido adotada como condição indispensável para a manutenção da saúde oral, dessa forma qualquer material que venha ser usado como restaurador deve suportar de maneira adequada essa atividade.

Dessa forma o presente trabalho se propôs a avaliar a resistência ao desgaste abrasivo, *in vitro*, após o polimento e decorrente de escovação simulada em 4 resinas compostas, por análise das alterações de massa e de rugosidade superficial

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

Miller, em 1907 realizou um dos primeiros estudos sobre a ação abrasiva dos dentífrícios, nas restaurações e estruturas dentárias, tornando-se assim o marco da Odontologia quanto à investigação e preocupação em relação ao desgaste dentário. Em suas observações clínicas e laboratoriais, destacou o desgaste por abrasão nos elementos dentários submetidos à escovação, com variação de escovas dentárias e substâncias abrasivas aplicadas. De acordo com suas observações concluiu que os ácidos na concentração presente na boca, não são capazes de produzir desgaste, sendo o processo mecânico de escovação dos dentes o maior responsável pela abrasão dos tecidos duros. Este trabalho iniciou uma série de levantamentos e estudos referentes ao desgaste por escovação, considerando diferentes metodologias e substratos a serem pesquisados.

De acordo com Heath e Wilson (1976), dentre os mecanismos de desgaste aos quais os órgãos dentais e materiais restauradores estão expostos na cavidade oral, como o desgaste por contato oclusal, a abrasão durante a trituração do bolo alimentar e o desgaste químico, se encontra a abrasão por escovação. Esses autores afirmaram que, embora os testes de resistência à abrasão por escovação não englobem todas as situações de desgastes intrabuciais, são de grande valia e permitem a obtenção de resultados comparáveis e fidedignos sobre a resistência à abrasão dos materiais restauradores.

McCabe e Smith (1981) relataram que a existência de grandes forças de desgaste e o uso de materiais com inadequada resistência à abrasão podem resultar em substancial alteração do contorno da restauração, ou do selamento marginal. Devido ao estabelecimento empírico da relação de dois mecanismos de desgaste (dois e três corpos) com abrasão da cavidade oral, propuseram um novo método para medir o desgaste *in vitro* de materiais restauradores que incorporassem abrasão e fadiga, consistindo em vibrar corpos-de-prova cilíndricos dentro de um recipiente contendo papel abrasivo de carbide e sílica. Os corpos-de-prova foram armazenados em água por um período de uma semana antes do teste. Cada recipiente sofria vibração por 20 minutos e, depois, os corpos-de-prova eram pesados e os abrasivos trocados. Os

testes foram repetidos três vezes, totalizando um período de 320 minutos. O grau de desgaste foi medido pela perda em peso e, em seguida foi calculada a perda em volume. Os resultados encontrados foram semelhantes aos de pesquisas clínicas, pois possivelmente o desgaste clínico do material ocorra pela combinação de desgaste por abrasão e fadiga, sendo que o método seria válido para prever o valor de desgaste de materiais.

De acordo com Kanter, Koski e Martin (1982) os resultados dos efeitos abrasivos nas superfícies das restaurações adesivas diretas podem comprometer a longevidade das mesmas devido à perda de forma anatômica das restaurações decorrentes de desgaste, à diminuição do brilho superficial e ao acúmulo de placa bacteriana, pigmentos e detritos alimentares nas lacunas decorrentes do desgaste da matriz orgânica e do deslocamento das partículas de carga dos compósitos.

St. Germain et al. (1985) prepararam duas séries de resinas compostas variando conteúdo de carga e tamanho das partículas de sílica silanizadas, sendo a primeira com conteúdo de carga variável entre 15,8% e 28,8% em volume de partículas de 20nm de diâmetro (partículas Tipo I) e a segunda, com conteúdo de carga variável entre 24% e 49,4% em volume de aglomerados de partículas de 40nm de diâmetro (Tipo II). Para o grupo controle, foram confeccionados espécimes desprovidos de partículas inorgânicas. Foram conduzidos os seguintes testes para determinar o efeito da porção inorgânica dos compósitos: dureza, estabilidade de cor em luz ultravioleta e água, absorção de água, resistência à compressão, resistência ao estresse sob compressão leve, resistência à abrasão por escovação e resistência ao desgaste por hidroxiapatita. Foram preparados 6 espécimes cilíndricos e armazenados em água a 37°C por 7 dias e, posteriormente, pesados. Os espécimes foram escovados por 2h em máquina de escovação mecânica com uma solução aquosa de carbonato de cálcio e água destilada na proporção de 1:1. Os espécimes foram repesados e a perda de massa foi calculada. As análises dos dados obtidos para essas duas séries de resinas indicaram que o aumento do conteúdo de carga reduziu a resistência à abrasão por escovação e que estas tendências foram mais pronunciadas para as resinas com partículas Tipo II do que Tipo I. Diferença estatisticamente significativa na resistência à abrasão se deu somente entre o grupo controle e o grupo teste da resina com partículas Tipo II.

Li et al. (1985) investigaram os efeitos do conteúdo de carga e tamanho das partículas inorgânicas de resinas compostas sobre as propriedades de profundidade de polimerização (avaliada pelo teste de dureza), absorção de água, resistência à compressão, resistência à abrasão por escovação e resistência ao desgaste por hidroxiapatita. Duas séries de compósitos foram preparadas através da incorporação de partículas de vidro e borosilicato e bário silanizados em uma matriz orgânica fotopolimerizável, a primeira com partículas de 2µm e conteúdo de carga de 20%, 40%, 45%, 50% e 53% em volume, e a segunda com partículas de 15µm e conteúdo de carga de 20%, 40%, 50%, 60% e 65% em volume. Também foi formulada uma resina sem carga para a confecção de corpos-de-prova do grupo controle. Para o teste de resistência à abrasão por escovação foram preparados 5 espécimes cilíndricos para cada grupo, armazenados em água a 37°C por 1 semana e, posteriormente, pesados em balança analítica digital. Os cilindros foram escovados por 2h em máquina de escovação mecânica com pasta aquosa de carbonato de cálcio e água destilada na proporção de 1:1. As amostras foram novamente submetidas à pesagem e a perda de massa foi calculada. A análise estatística dos resultados indicou que o tamanho das partículas e o conteúdo de carga têm significativo efeito na resistência à abrasão por escovação. Com relação ao tamanho das partículas, a comparação de resinas compostas preparadas com partículas menores com aquelas preparadas com partículas maiores, ambas com o mesmo conteúdo de carga, revelou que as formulações com partículas menores apresentam mais baixa resistência à abrasão por escovação. Considerando o conteúdo de carga, quanto mais partículas inorgânicas pequenas foram incorporadas na matriz resinosa menor foi a resistência à abrasão, enquanto a adição de partículas maiores, aumentou a resistência à abrasão dessas formulações comparadas às resinas desprovidas de carga.

Tayra et al. (1985) realizaram um estudo com a finalidade de avaliar o efeito de diferentes instrumentos abrasivos na rugosidade das resinas Adaptic (J&Johnson), Isopast (Vivadent) e Simulate (Vivadent) em função de variáveis como: técnica de polimento e o tempo para sua execução. Foram empregados diferentes tratamentos da superfície usando os seguintes materiais: a) discos de lixa Sof-Lex (3M ESPE) de forma seqüencial com a granulação fina e extra-fina; b) pontas montadas verde e



branca de óxido de alumínio; c) taça de borracha para profilaxia; d) pasta de polimento de resina; e) grupo controle sem polimento. Foram confeccionados 5 corpos-de-prova de cada resina, os quais foram armazenados em um recipiente com 80 a 90% de umidade relativa do ar até receberem o tratamento pré-estabelecido. O período para a realização do polimento foi de 24 ou 48 horas após a polimerização. Os discos de lixa foram usados somente uma vez e as pontas montadas foram substituídas por uma nova a cada grupo de 5 corpos-de-prova. Após o polimento a rugosidade superficial foi obtida através de 5 leituras da superfície utilizando um rugosímetro. As amostras foram submetidas à análise no MEV. Os fatores principais do estudo, material, técnica e período de polimento exerceram efeito significativo na rugosidade, sendo que das interações analisadas, a referente ao material *versus* período não apresentou efeito significativo. Das técnicas estudadas, a menor rugosidade foi obtida no grupo controle seguida do disco Sof-Lex, das pontas abrasivas + pasta de polimento e finalmente o conjunto de pontas abrasivas + taça de borracha/pasta de polimento. Em relação ao período do polimento, o melhor resultado foi o de 48 horas. Dos 3 materiais testados, a resina Isopast obteve menor rugosidade seguida da Simulate, sendo a Adaptic a mais rugosa. Com exceção da ausência de polimento, o melhor resultado foi encontrado com a utilização de discos de lixa do tipo Sof-Lex.

De Gee, Harkel-Hagenaar e Davidson (1985) analisaram a influência de fatores estruturais e físicos no desgaste por escovação em resinas compostas. Amálgama, resina sem carga, resina de base de dentadura, esmalte e dentina humana foram testados para comparação. Superfícies foram polidas por diferentes técnicas: 1) contra lâmina de vidro; 2) discos de óxido de alumínio a seco imediato e mediato (após 4 semanas de armazenamento seco a 37°C); 3) material polimerizado em bloco a diferentes temperaturas. A escovação foi realizada com pasta Prodent sob carga de 125g a 2.600 ciclos por hora, correspondendo a um mês. A cada meia hora a solução foi renovada. Um perfilômetro foi empregado para a análise das superfícies em Ra. As resinas de micropartículas apresentaram desgaste 5 a 10 vezes mais rápido que as convencionais. As superfícies das resinas compostas obtidas em bloco apresentaram-se mais resistentes. O tratamento com aquecimento posterior até 225°C apresentou maior resistência. Foi verificada a deterioração quando do uso do

polimento a seco em alta velocidade, com temperatura acima de 225°C. O polimento mediato demonstrou maior resistência em comparação ao imediato.

Leinfelder (1987) afirmou que o desgaste das resinas compostas posteriores depende das partículas de carga da matriz resinosa e que se processa em duas fases: primeiro, uma abrasão seletiva da matriz macia de resina causa a exposição ou projeção das partículas duras de carga, depois, após o estresse mecânico, essas partículas são facilmente destacadas. Durante o processo de mastigação, a energia gerada é transmitida diretamente do bolo alimentar para a superfície do compósito. Em áreas onde as partículas estivessem aproximadas ou projetadas da superfície, a energia seria transmitida pelas partículas até a matriz circundante. Onde as partículas estivessem anguladas, ocorreria concentração de tensões, causando formação de micro-rachaduras na matriz, enfraquecendo-a e possibilitando o deslocamento definitivo das partículas de carga, aumentando o desgaste da restauração. A taxa de desgaste do compósito poderia ser diminuída, reduzindo-se a dureza e diminuindo o tamanho das partículas. Nestes casos, as tensões mastigatórias seriam parcialmente absorvidas, não sendo transmitidas diretamente para a matriz, resultando em material mais resistente ao desgaste.

A resistência à abrasão de uma resina composta depende da qualidade da matriz orgânica e da interface matriz/partículas inorgânicas. Sendo a matriz mais macia do que as partículas de carga, o maior desgaste que ocorre na mesma leva à exposição das partículas. Estas, devido ao estresse mecânico, deslocam-se facilmente da superfície, aumentando ainda mais o desgaste (KAWAGUCHI; FUKISHIMA; HORIBE, 1989).

Para Leinfelder (1993), o pequeno grau de desgaste observado nas resinas compostas deve-se às modificações ocorridas nos materiais, que passaram do tamanho de carga de 100µm para 5µm, resultando em diminuição de cerca de 50% do desgaste. Para o autor a mudança da carga de quartzo para vidros moles tais como o bário, estrôncio e o silicato de alumínio de lítio, fez com que o impacto da mastigação fosse mais bem assimilado, o que não ocorria quando a carga era de quartzo. Além disso, o autor salienta que outra mudança importante foi o arredondamento das partículas, o que diminuiu a concentração de estresse entre o

material de carga e a matriz orgânica. Essas alterações levaram a uma profunda diminuição no desgaste, reduzindo de 150µm ao ano para cerca de 8 µm. As causas para essa evolução seriam as ligações mais fortes entre a matriz orgânica e as partículas de carga e a otimização do tamanho das partículas.

Segundo Nagem Filho, Castaneda e Maia (1993) o desgaste da estrutura superficial das resinas compostas não corresponde apenas ao conceito de abrasão de uma superfície. Sistemas que apresentam resistência ao desgaste aceitável, nos primeiros meses de função, diminuem esta capacidade com o passar do tempo. O processo de degradação é diferente de um sistema para o outro, mas para todos os sistemas, o agente de degradação é a água e o agente potencializador é o estresse cíclico. Assim as resinas compostas estão susceptíveis ao desgaste, que é influenciado pela presença de água, forças oclusais e pela natureza química de cada tipo de sistema.

Tate e Powers (1996) examinaram a rugosidade superficial de dois compósitos (Charisma e Revolution) e três cimentos de ionômero de vidro (Fuji II LC, Variglass e Vitremer). Neste estudo, foram confeccionados 3 discos por material com 6mm de diâmetro e 3mm de espessura. Um grupo controle para cada material foi obtido com o emprego de uma lâmina de vidro na superfície da amostra. Os procedimentos de polimento foram divididos em duas etapas, sendo que na 1ª etapa utilizaram: brocas carbide de 12 lâminas, sistema Enhance (Dentsply) por 20 segundos, pasta de polimento Prisma Gloss (Dentsply) de granulação fina e extra-fina por 10 segundos e no caso dos ionômeros utilizaram os glazes Fuji coat LC e Vitremer gloss. Na 2ª etapa utilizaram novamente as brocas carbides, discos Sof-Lex (3M ESPE) de granulação fina e depois o de granulação extra-fina por 20 segundos. Os autores concluíram que as brocas carbides de 12 lâminas deixaram a superfície irregular em todos os materiais estudados comparado ao controle, enquanto os discos Sof-Lex produziram a maior lisura de superfície.

Bouvier, Duprez e Lissac (1997) compararam a eficácia de três tipos diferentes de polimento em três materiais diferentes (resina composta, cimento de ionômero de vidro e compômero). Os espécimes foram preparados usando uma matriz de teflon, onde em cada extremidade do molde era posicionada uma matriz de poliéster e uma laminula de vidro, com o intuito de conseguir a superfície mais lisa possível. A

rugosidade superficial dos materiais foi medida antes e após as técnicas de polimento. As técnicas de polimento usadas foram: kit de brocas (12, 20 e 30 lâminas), sistema Enhance (Dentsply) e o sistema Sof-Lex (3M ESPE). A comparação dos três métodos de polimento revelou a superioridade do sistema Sof-Lex para todos os três tipos de materiais.

Segundo Yap, Lye e Sal (1997) a rugosidade superficial após o polimento é material dependente. O conteúdo da matriz, o tamanho das partículas e a habilidade para executar o polimento, podem contribuir para a mudança das características superficiais. Em seu estudo os autores compararam três diferentes tipos de técnicas de polimento, em diferentes tipos de materiais restauradores. Usaram dois tipos de resina composta, uma microparticulada e uma híbrida, um compômero e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina. Os tipos de técnicas de polimento utilizadas foram o sistema Enhance (Dentsply), pedras brancas e o sistema Super-Snap (Shofu) e esses sistemas foram comparados ao polimento conseguido usando somente a matriz de poliéster. Para todos os materiais a superfície mais lisa foi a conseguida com a matriz de poliéster, no entanto não houve diferença estatística significativa de rugosidade superficial entre o sistema Super-snap e o uso da matriz de poliéster.

Segundo Bollen, Lambrechts, Quirynen (1997) a rugosidade superficial dos materiais restauradores pode influenciar na retenção de placa bacteriana. Baseados nessa afirmação, os autores realizaram uma revisão sistemática da literatura, onde observaram que a maioria dos estudos, *in vivo*, indica 0,20µm como o limiar de rugosidade superficial dos materiais restauradores para a retenção de placa bacteriana. De acordo com os autores, um aumento na rugosidade superficial acima desse limiar resulta em aumento simultâneo do acúmulo de placa, elevando, conseqüentemente o risco de ocorrência de cárie e inflamação periodontal. Com base nessa revisão, os autores recomendaram o esmero do profissional para obter e manter a superfície das restaurações o mais lisa possível, visto que as superfícies rugosas comprometem o tratamento restaurador.

Ono (1997) avaliou, a partir de diferentes tratamentos de superfície, o comportamento após escovação simulada *in vitro* das resinas compostas fotopolimerizáveis Herculite

XVR, Z100 (3M ESPE) e Tetric Ceram (Ivoclar-Vivadent). Os grupos A, B e C receberam o acabamento com brocas de 3 laminas e os grupos D, E e F foram tratados com pontas diamantadas F e FF. Em seguida, procedeu-se o polimento das amostras: os grupos A e D foram polidos com Enhace + Prisma Gloss, (Dentsply) os grupos B e E polidos com abrasivos de silicone Viking (cinza e verde) + Gel e os grupos C e F polidos com discos Sof-Lex (3M ESPE) fino e extrafino. Para o ensaio de escovação, metade de cada grupo foi submetida à escovação apenas com água destilada e foram considerados controle. A outra metade foi escovada com a associação do dentífrico Kolynos Super Branco. Foram utilizadas máquina de escovação, escovas Oral-B 30, com a velocidade de 250 movimentos por minuto durante 2 horas, totalizando 30.000 ciclos por amostra e carga axial de 200g. Concluiu-se que independente do compósito, as que foram obtidas a partir da tira de poliéster apresentaram-se mais lisas, mesmo após a escovação com água e com água e dentífrico. A maior média de rugosidade superficial foi obtida quando utilizada as pontas diamantadas F e FF + abrasivos de silicone Viking e gel + dentífrico, em todas as resinas avaliadas. A escovação com dentífrico produziu resultados mais críticos em todos os casos em restaurações polidas mecanicamente.

Kawai, Iwami, Ebisu (1998) compararam a resistência à abrasão por escovação simulada de sete resinas compostas experimentais que diferiram nas composições das suas matrizes orgânicas. Na preparação dos materiais foram utilizados os monômeros BisGMA, TEGDMA, UEDMA e trimetiloopropanotrimetacrilato (TMPT). Posteriormente, foram confeccionados os corpos-de-prova que, após 2 semanas de armazenamento, foram pesados em balança de precisão para a obtenção dos valores de massa inicial. As amostras foram submetidas ao teste de abrasão por escovação simulada, com escovas macias, sob 400g de carga, por 100.000 ciclos. Ao final, os corpos-de-prova foram pesados para a obtenção dos valores de massa final. A perda de massa foi determinada pela diferença entre os valores de massa inicial e final para cada corpo-de-prova. A microdureza Knoop também foi avaliada nos momentos pré e pós-escovação simulada. A análise estatística dos dados foi realizada através dos testes ANOVA, Scheffé e análise de regressão linear, todos com nível de significância de 5%. Os resultados indicaram que os compósitos preparados com os monômeros TEGDMA/TMPT demonstraram os mais altos índices de resistência ao desgaste e aqueles baseados em BisGMA e UEDMA

aumentaram a resistência ao desgaste de acordo com o aumento no monômero TEGDMA em suas composições. A análise de regressão linear apontou relação inversa entre a dureza e a quantidade de desgaste das resinas compostas.

Tanoue, Matsumura, Atsuta (2000) compararam o desgaste e a rugosidade superficial da cerâmica Cerec 2 Vitablocs Mark II (Vita) com as resinas compostas indiretas Artglass (Heraeus Kulzer), Axis (GC), Cesead II (Kuraray), Conquest Sculpture (Jeneric Pentron), Estenia (Kuraray), Infis (Sun Medical) e Targis (Ivoclar Vivadent) após o teste abrasivo por escovação simulada. Os resultados demonstraram que a resistência à abrasão e a rugosidade superficial variou entre todos os materiais estudados, sendo que entre o material cerâmico e as resinas houve diferença estatisticamente significativa destacando-se, o primeiro, com maior resistência ao desgaste e maior lisura. Os autores concluíram que as resinas indiretas não alcançaram o nível de lisura superficial e resistência ao desgaste do material cerâmico e que as condições superficiais dos compósitos após a escovação variaram de acordo com o material.

Wang (2001) comparou a resistência ao desgaste das resinas compostas condensáveis SureFil (Dentsply), Alert (Jeneric Pentron), Filtek P60 (3M ESPE), Prodigy Condensable (Kerr) e Solitaire (Heraeus Kulzer), com uma resina de micropartículas (Silux Plus) e uma microhíbrida (Z100), por meio de um teste *in vitro* de escovação simulada. Foram confeccionados 12 corpos-de-prova de cada material e submetidos ao acabamento e polimento. Foram realizados 100.000 ciclos de escovação em uma máquina de escovação simulada utilizando escovas dentais de cerdas macias sob 200g de carga, frequência de 374 ciclos por minuto e uma solução de dentífrico e água deionizada na proporção 1:2. As escovas foram substituídas a cada 50.000 ciclos e a solução constantemente repostas. O estudo avaliou a alteração de massa, através da diferença entre a média da massa inicial (antes da escovação) e final (após a escovação), e a alteração da rugosidade superficial, através da diferença entre a rugosidade inicial e final. Os dados foram encaminhados para análise estatística com os testes t-pareado, ANOVA, Tukey e correlação de Pearson, todos com níveis de significância de 5%. Os resultados demonstraram que todos os materiais apresentaram uma alteração significativa na massa após a escovação simulada. Nas leituras de rugosidade superficial foram

observados dois resultados distintos: Prodigy Condensable, Solitaire e Z100 apresentaram-se mais lisas após o teste de escovação, enquanto Alert, Filtek P60, Silux Plus e SureFil apresentaram aumento na rugosidade de superfície. A resina SureFil e Alert foram mais resistentes ao desgaste do que os outros materiais, entretanto SureFil apresentou a maior rugosidade entre todos os materiais testados. Não houve correlação entre perda de massa e alteração de rugosidade superficial. De uma maneira geral, as resinas compostas condensáveis apresentaram comportamento semelhante entre si e em relação à resina composta microhíbrida.

Correr Sobrinho et al. (2001) realizaram um estudo com o propósito de investigar a influência da escovação mecânica na rugosidade de superfície do Artglass (Heraeus Kulzer), Targis (Ivoclar Vivadent) e Sculpture (Jeneric Pentron). Foram confeccionados 8 amostras para cada material, sendo que 4 receberam acabamento e polimento e 4 não receberam (controle). A rugosidade foi verificada com o rugosímetro (Surfcorder), antes e após os 30.000 ciclos de escovação, numa máquina de escovação usando escova dental e dentifrício. Foram feitas três leituras em cada corpo-de-prova com o rugosímetro. Os resultados foram submetidos à análise estatística e indicaram que: para os corpos-de-prova sem polimento e antes da escovação o Targis apresentou média de rugosidade superior em relação ao Sculpture. Nenhuma diferença estatística foi observada entre o Targis e Artglass e entre Artglass e Sculpture, após a escovação. Para os três materiais submetidos ao polimento, nenhuma diferença estatística foi observada, antes ou após a escovação. Os resultados indicam que a escovação promoveu aumento na rugosidade de superfície para as amostras sem polimento e redução nas amostras com polimento.

Söderholm et al. (2001) traçaram o desgaste clínico de 8 compósitos experimentais durante 3 anos por 2 métodos de mensurações 3D: microscopia e rastreamento a laser. Os materiais restauradores diferiram quanto à matriz orgânica (BisGMA/TEGDMA ou UEDMA/TEGDMA), à carga inorgânica (partículas de quartzo ou partículas de vidro de bário) e ao método de silanização (com aquecimento entre 60°C e 100°C). A análise estatística demonstrou que entre os métodos de avaliação não houve diferença estatisticamente significativa; os compósitos com matriz orgânica baseada em UEDMA apresentaram maior resistência ao desgaste do que aqueles baseados em BisGMA; as variáveis de carga inorgânica e método de

silanização não influenciaram significativamente no desgaste. Os autores relacionaram a maior resistência ao desgaste dos compósitos com matriz orgânica baseada em UEDMA ao seu alto grau de conversão de 70% aproximadamente, enquanto o grau de conversão de compósitos baseados em BisGMA é de 55%.

Turssi et al. (2001) investigaram o padrão de rugosidade superficial de materiais restauradores submetidos à escovação simulada precedida por ciclagem de pH. Nesse estudo, foram pesquisados uma resina composta micropartículas Renamel (Cosmedent), uma híbrida Charisma (Heraeus Kulzer), dois compósitos modificados por poliácidos Compoglass-F (Ivoclar Vivadent) e Dyract AP (Dentsply) e um cimento de ionômero de vidro modificado por resina Fuji II LC (GC). Foram confeccionados 20 espécimes cilíndricos de cada material e, após o acabamento e polimento, a rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) foi aferida com uma ponta de  $2\mu\text{m}$  de raio do rugosímetro Surfcometer SE1700 (Kosaka) e com *cut-off* de 0,08mm. Os parâmetros de medição utilizados foram  $R_a$  e LR (razão perfil/extensão). As amostras foram submetidas, inicialmente, a ciclagem de pH e, posteriormente, a 10.000 ciclos de escovação, em uma máquina de abrasão por escovação automática, com movimentos paralelos à superfície, escovas de cerdas macias e solução de dentífrico e água destilada e deionizada, na proporção de 1:3. Novas leituras da rugosidade superficial de ambos os parâmetros foram realizadas. Os mesmos protocolos de ciclagem de pH, escovação simulada e medições da rugosidade foram repetidos 10 vezes. Os dados foram analisados usando os testes estatísticos de ANOVA e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Os resultados demonstraram que a ciclagem de pH seguida por 10.000 ciclos de escovação promoveu um aumento acentuado da rugosidade superficial dos materiais restauradores, com exceção do compósito Renamel. Durante todos os períodos subsequentes de escovação simulada, Renamel, Charisma, Compoglass-F e Dyract AP demonstraram textura constante, enquanto Fuji II LC exibiu um progressivo aumento na rugosidade superficial. Os autores concluíram que a ciclagem de pH e a escovação simulada promoveram, inicialmente, um aumento acentuado na rugosidade superficial dos materiais, com exceção da resina de micropartículas, entretanto, a estabilização ou o aumento progressivo da rugosidade superficial dependeu do material restaurador.



Lim et al. (2002) determinaram o efeito do conteúdo de carga e do tratamento superficial das partículas inorgânicas na resistência ao desgaste de resinas compostas. Os resultados demonstraram que os compósitos com maior conteúdo de carga apresentaram aumento significativo da resistência ao desgaste quando comparados a compósitos com menor conteúdo de carga. Os autores ainda descreveram que agentes de união silanos melhoram a adesão entre a porção inorgânica e orgânica dos compósitos, permitindo melhor transferência de cargas e aumento da resistência ao desgaste.

De acordo com Wakamatsu, Kakuta, Ogura (2003) tanto os teste que simulam desgaste de compósitos por escovação simulada quanto àqueles por esforços oclusais são válidos para avaliar a resistência ao desgaste de materiais restauradores.

Antoniuzzi e Nagem Filho (2003) verificaram a resistência ao desgaste de 3 resinas compostas submetidas a diferentes modos de fotopolimerização e à escovação simulada. Foram utilizados os compósitos Definite (Degussa), Suprafill (SSWhite) e SureFil (Dentsply) para a confecção de 16 corpos-de-prova por material, divididos aleatoriamente em 2 grupos e fotopolimerizados das seguintes maneiras: 1) integral com 40s e com a ponta do fotopolimerizador encostada na amostra; 2) gradual, sendo 10s com a ponta do fotopolimerizador encostada na amostra, seguida de 30s a 2mm de distância. Após a confecção as rebarbas foram retiradas usando uma lixa d'água nº500 e mantidos em soro fisiológico em estufa a temperatura de  $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  por seis dias, para a completa hidratação e expansão linear. Após a hidratação, os corpos-de-prova foram pesados em balança digital com precisão de 0,001g e os valores expressos em gramas. Os valores foram registrados em uma tabela contendo três pesagens e suas médias aritméticas, que determinaram a massa inicial dos três materiais examinados. Os corpos-de-prova foram submetidos a 100.000 ciclos de escovação a uma velocidade de 374 ciclos por minuto. Foram usadas escovas de cerdas macia/suave e uma solução de creme dental e água destilada na proporção de 1:2, sobre as escovas tinha uma carga de 200g. Após o término da escovação os corpos-de-prova foram imediatamente lavados em água corrente, para a remoção total do creme dental. Os corpos-de-prova foram armazenados novamente em soro fisiológico por seis dias em estufa à temperatura

de  $36^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  para a completa hidratação e assim pesados na mesma balança da mesma maneira, e registrado como massa final. A pesagem final das amostras foi registrada e a diferença entre os valores iniciais e finais em relação à massa inicial, multiplicada por 100, representou a porcentagem de desgaste. Os dados foram submetidos aos testes estatísticos ANOVA a um critério e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Não foi identificada diferença estatisticamente significativa no desgaste de nenhum dos compósitos considerando os dois modos de polimerização. Considerando os materiais, nos dois modos de polimerização as resinas compostas Suprfill e SureFil não demonstraram diferenças estatisticamente significantes entre elas. Entretanto, o compósito Definite diferiu estatisticamente de SureFil no modo gradual e das duas resinas no modo integral, demonstrando menor resistência ao desgaste. Os autores concluíram que a escovação simulada resultou em desgaste dos 3 materiais; que os modos de fotopolimerização não interferiram na propriedade de resistência ao desgaste dos materiais e que o desgaste das resinas compostas foi relacionado com a composição do material restaurador.

Mondelli et al. (2003a) avaliaram *in vitro* as mudanças na rugosidade superficial de três cimentos resinosos após ensaio de escovação e leitura no microscópio eletrônico de varredura. Dez corpos-de-prova foram preparados para cada material. O acabamento e polimento foram realizados com discos Sof-Lex (3M ESPE) e então foram limpos no ultrassom e armazenados em água deionizada por 10 minutos a  $37^{\circ}\text{C}$ . A rugosidade superficial foi analisada pelo rugosímetro a partir da média de 5 leituras. Posteriormente, os espécimes foram submetidos a 100.000 ciclos de escovação simulada, com carga de 300g, e foram utilizadas escovas com cerdas macias e solução de dentífrício com água deionizada na proporção de 1:2. Os corpos-de-prova foram novamente limpos no ultrassom e uma nova leitura da rugosidade foi realizada. Todos os cimentos analisados apresentaram aumento na rugosidade superficial, porém não foi encontrada diferença estatística significativa entre os três cimentos.

Mondelli et al. (2003b) realizaram um trabalho que avaliou o comportamento *in vitro* frente ao desgaste, após escovação simulada, dos cerômeros Ariston (Ivoclar Vivadent) Definite (Degussa), da resina composta Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent) e da liga de amálgama Velvalloy (SS White). Dez corpos-de-prova foram

confeccionados, os quais foram submetidos ao acabamento e polimento após 48h. As medidas iniciais de massa (g) foram obtidas por meio da utilização de balança analítica digital e a de rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) no rugosímetro Surtronic 3+ (Taylor & Robson), ajustado para leituras com o parâmetro de medição  $R_a$ , *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 2,5 mm da rugosidade. O teste de abrasão foi realizado pela máquina de escovação mecânica, com peso de 250g e velocidade de 374 ciclos por minuto, totalizando 100.000 ciclos. Foram utilizadas escovas de cerdas macias e solução de creme dental e água deionizada na proporção 1:2. Durante o ensaio, a solução foi constantemente repostada e na metade dos ciclos, as escovas foram renovadas. Posteriormente, foram realizadas as medidas finais de massa e rugosidade superficial. O Velvalloy apresentou menor alteração de massa, com diferenças significantes em relação aos compósitos. O cerômero Ariston apresentou maior alteração de rugosidade, seguido da Definite, Tetric Ceram e Velvalloy, havendo diferenças significantes entre todos os materiais. O amálgama apresentou o melhor comportamento frente ao desgaste após a escovação simulada.

Garcia et al. (2004) mensuraram a perda de massa e as alterações de rugosidade superficial de resinas fluidas após teste de escovação simulada. As resinas compostas testadas foram: Aeliteflo (Bisco), Flow-It (Jeneric Pentron), Flow-It LF (Jeneric Pentron), Natural Flow (DFL) e Wave (SDI) e os compósitos híbrido Z100 (3M ESPE) e microparticulado Silux Plus (3M ESPE) serviram como controle. Foram obtidos 12 espécimes de cada material. A massa inicial (g) foi obtida em balança analítica digital e a rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) aferida pelo rugosímetro Hommel Teste T1000 (Hommelwerke). Foram realizados 100.000 ciclos de escovação simulada por espécime. Ao final do teste de escovação, os valores de peso e rugosidade foram novamente aferidos e, juntamente com os valores iniciais, submetidos à análise estatística. Houve diferença estatisticamente significativa de perda de massa dos materiais individualmente, exceto para o compósito Flow-It LF. Todavia, não foi observada diferenças estatisticamente significante na comparação de perda de massa entre os materiais testados. Considerando a rugosidade superficial, todos os materiais apresentaram-se mais rugosos após o teste de escovação, sendo que a resina fluida Wave foi a que apresentou, a maior rugosidade. Não houve correlação entre as avaliações de perda de massa e a

rugosidade superficial dos compósitos. Os autores concluíram que as resinas compostas fluidas demonstraram inferioridade em relação aos compósitos híbrido e microparticulado nas avaliações de perda de massa e rugosidade superficial, devendo-se esperar maior desgaste e rugosidade desses materiais após a ação de escovação.

Jones, Billington, Pearson (2004) tiveram o propósito de determinar um valor de limiar da rugosidade superficial de restaurações em que os pacientes fossem capazes de detectá-las. Para a realização do experimento, inicialmente, anéis fendidos de 10mm de diâmetro foram preenchidos com resina composta híbrida Z100 (3M ESPE) e fotopolimerizados por 40s através de uma lâmina de vidro. Os corpos-de-prova foram removidos dos anéis e divididos em 5 grupos (n=25), sendo que um grupo foi imediatamente isolado e serviu como controle e os grupos restantes foram submetidos a tratamentos superficiais com pontas abrasivas nas seguintes granulações: 80, 320, 800 e 1000 e, em seguida, polidos com discos Shofu (Shofu). A rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) de todos os espécimes foi mensurada através de um rugosímetro bidimensional (Mitutoya Surftest), com parâmetro de medição  $R_a$ , *cut-off* de 0,8mm e comprimento de avaliação de 4,8mm. Para os corpos-de-prova do grupo controle, do grupo de granulação 80, 320, 800 e 1000, foram obtidos os seguintes valores médios de rugosidade: 0,06 $\mu\text{m}$ , 3,43 $\mu\text{m}$ , 1,29 $\mu\text{m}$ , 0,62 $\mu\text{m}$  e 0,28 $\mu\text{m}$ , respectivamente. De acordo com os autores, os pacientes detectam rugosidades superficiais nas restaurações com a ponta de suas línguas. Dessa maneira, nessa pesquisa, 25 voluntários investigaram a superfície das amostras desse estudo com as pontas de suas línguas e escalaram as 5 rugosidades de acordo com suas sensibilidades. O resultado do ranking demonstrou que 15 (60%) dos 25 voluntários escalaram as amostras de acordo com a ordem de rugosidade superficial. A precisão dos pacientes em distinguir diferentes valores de rugosidade entre 0,25 $\mu\text{m}$  e 0,50 $\mu\text{m}$  levou os autores a estipular que 0,50 $\mu\text{m}$  é o limiar máximo de valor de rugosidade superficial das restaurações para que não sejam detectadas pelos pacientes.

Sabbagh et al. (2004) averiguaram o conteúdo inorgânico em porcentagem de peso e examinaram a morfologia das partículas de 39 resinas compostas, dentre elas híbridas, condensáveis, micropartículas, fluidas, ormocers e de cura química. As

porcentagens de peso foram determinadas por duas técnicas: análise de termogravimetria e técnica de aquecimento a 900°C. O tamanho e a forma das partículas foram examinados após dissolução da matriz orgânica através de MEV. Os resultados das análises demonstraram que o conteúdo inorgânico em porcentagem de peso variou de 41,6% a 84,6% e que variações amplas entre materiais da mesma categoria foram identificadas. Além disso, para alguns materiais, os valores de conteúdo de carga em peso não tiveram concordância com àqueles fornecidos pelos fabricantes e diferenças de mais de 20% em valores absolutos foram encontradas. As fotomicrografias revelaram que a maioria dos compósitos investigados possuía partículas com forma irregular e superfície rugosa. Entretanto, de acordo com os autores, partículas de forma arredondadas e superfícies lisas oferecem maior resistência dos materiais. Os autores discutiram e reconheceram que diferentes fatores podem ter influenciado na obtenção de dados conflitantes com os dos fabricantes, entretanto, recomendaram que, devido ao conteúdo inorgânico em porcentagem de peso ser um fator influente nas propriedades mecânicas dos compósitos, os dados fornecidos pelos fabricantes devem ser considerados com precaução.

Mondelli et al. (2005) avaliaram a resistência ao desgaste de compômeros e resinas compostas submetidos a um teste de escovação simulada, com o objetivo de investigar a perda de massa e as alterações de rugosidade superficial entre os materiais restauradores após o teste. Foram confeccionados 10 espécimes cilíndricos dos seguintes compômeros: Dyract (Dentsply), Dyract AP (Dentsply), Compoglass F (Vivadent), Freedom (SDI), F2000 (3M ESPE), bem como das resinas composta Z100 (3M ESPE) e Silux Plus (3M ESPE) que serviram como controles. No teste de abrasão foram utilizadas escovas de cerdas macias, carga de 200g e solução de dentífrico e água deionizada, na proporção 1:2. Foram realizados 100.000 ciclos de escovação simulada para cada espécime. A perda de massa foi obtida pela diferença em porcentagem entre a massa inicial (antes da escovação) e final (após a escovação). A rugosidade superficial foi verificada nos mesmos períodos da avaliação de massa das amostras e foi determinada pela diferença em porcentagem entre as médias de rugosidade inicial e final, após 5 leituras realizadas em rugosímetro (Hommel Tester T1000/Hommelwerke). A análise estatística, obtida através dos testes t pareado, ANOVA e Tukey, todos com níveis de significância de

5%, demonstrou que todos os materiais testados apresentaram maior perda de massa e aumento significativo da rugosidade. Os compômeros apresentaram maior perda de massa em relação as resinas compostas.

Segundo Turssi, Ferracane e Serra (2005) os procedimentos de acabamento e polimento podem causar mudanças topográficas e introduzir micro-rachaduras na superfície dos compósitos. Assim os autores realizaram um estudo para avaliar a relação entre alteração de massa e rugosidade superficial de resinas compostas submetidas a diferentes métodos de acabamento e polimento. Concluíram que a seqüência de acabamento e polimento realizados com brocas de tungstênio e escovas impregnadas com óxido de alumínio; e brocas de tungstênio e taças de borracha impregnadas com pasta diamantada produziram superfícies mais lisas, e as pontas diamantadas e taças produziram a pior rugosidade superficial. Não houve correlação entre alteração de rugosidade superficial e massa após os procedimentos de acabamento e polimento.

Morgado (2005) avaliou a alteração de massa e rugosidade superficial de três resinas compostas, uma nanoparticulada Filtek Supreme (3M ESPE), uma microhíbrida Filtek Z250 (3M ESPE) e uma microparticulada Durafill VS (Heraeus Kulzer), após o polimento e após a escovação simulada. Também foi realizado a análise de microdureza Vickers. Foram confeccionados 24 corpos-de-prova de cada resina, e divididos em dois grupos aleatoriamente para a realização dos testes de rugosidade superficial e alteração de massa (grupo 1) e para o teste de microdureza (grupo 2). Para a determinação de massa (g), as amostras foram pesadas em balança analítica digital e, em seguida foram submetidas às leituras de rugosidade superficial ( $\mu\text{m}$ ) em rugosímetro Perthometer S8P (Mahr-Perthen) com sonda óptica acoplada de raio de  $1\mu\text{m}$ , sendo utilizado o parâmetro de medição  $R_a$ . Após 7 dias, os corpos-de-prova foram submetidos aos procedimentos de polimento com discos de lixa Sof-Lex (3M ESPE) por 30 segundos e novamente foram aferidos os valores de massa e rugosidade superficial. Para o ensaio de abrasão foi utilizada uma máquina de escovação e solução de dentífrício e água deionizada (2:1). Os corpos-de-prova foram submetidos a 100.000 ciclos com uma carga de 250g, a uma velocidade de 374 ciclos por minuto. Novamente, foram aferidos o peso e a rugosidade superficial. Os dados obtidos foram encaminhados para os testes

estatísticos ANOVA e Tukey, ambos com níveis de significância de 5%. Com relação à alteração de massa, não foi verificada diferenças estatisticamente significantes entre nenhum dos períodos e para nenhum dos compósitos. Para a rugosidade superficial, foram constatadas diferenças estatisticamente significantes entre os períodos e materiais estudados: o aumento da rugosidade superficial das resinas Filtek Z250 e Durafill VS, após o polimento, foi estatisticamente significativo, sendo que o compósito microparticulado apresentou maior alteração, diferindo estatisticamente das restantes. Após a escovação, todas as resinas mostraram alteração de rugosidade, sendo que a nanoparticulada Filtek Supreme apresentou a maior rugosidade superficial. O autor concluiu que, de acordo com os resultados de microdureza e alteração de massa, a resina composta nanoparticulada pode ser indicada em restaurações posteriores por ter apresentado resultados semelhantes à resina microhíbrida; entretanto, com relação à indicação para as restaurações de dentes anteriores, a alteração significativa na rugosidade superficial da resina nanoparticulada após a escovação simulada deve ser levada em consideração, demonstrando sua dificuldade em reter o polimento comparado aos outros compósitos e, conseqüentemente, limitando suas indicações na região anterior.

Penteado (2006) avaliou a alteração de massa e a rugosidade superficial através da microscopia de força atômica, de duas resinas compostas, a Filtek Z250 e a Filtek Supreme (3M ESPE), que foram submetidas a ciclagem de pH e à escovação simulada. De cada material foram confeccionados 12 corpos-de-prova, sendo eles armazenados em estufa a 37 °C por 24 horas. Após esse período foi realizado o polimento com discos de óxido de alumínio Sof-Lex (3M ESPE) de granulação fina e super-fina, por aproximadamente, 15 segundos cada disco. Foram realizadas a análise da rugosidade inicial e pesagem inicial em balança analítica de precisão. Posteriormente os corpos-de-prova foram levados para a ciclagem de pH durante 10 dias consecutivos e então feita a segunda pesagem e leitura de rugosidade. Depois os corpos-de-prova foram submetidos a 50.000 ciclos de escovação simulada, com carga de 200g e velocidade de 374 ciclos/min, utilizando escova dental de cerdas macias e solução de dentífrício e água destilada na proporção 2:1. Após o ensaio, os corpos-de-prova foram submetidos a mais uma pesagem e leitura de rugosidade. Os dados obtidos foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA, Tukey e regressão linear com nível de significância de 5%. Os resultados mostraram que a

alteração de massa foi significativa entre os grupos, ao contrário da rugosidade. Ambos os compósitos apresentaram diferença estatística significativa na massa após a ciclagem de pH, e da rugosidade somente após a escovação. Não houve correlação entre peso e rugosidade. O autor concluiu que a ciclagem de pH interferiu na massa dos compósitos, porém não influenciou na rugosidade superficial. A escovação simulada não alterou a massa, mas aumentou a rugosidade superficial nos dois grupos. Com relação aos compósitos, o autor concluiu que, apesar da diferença de tamanho de partículas, as resinas compostas apresentaram comportamento semelhante em relação à rugosidade superficial e diferiram somente na avaliação do peso.

Lambrechts et al. (2006) classificaram a abrasão dental como o mecanismo de desgaste mais importante na perda de material restaurador e definiram que a abrasão dental é causada principalmente pela fricção superficial da escova e pasta dental, do bolo alimentar e dos componentes fluidos durante a deglutição. Por outro lado, o mecanismo de atrição ocorre durante o contato direto do substrato dental/restauração com o dente antagonista e resulta em desgaste, desde que uma das superfícies de contato apresente, no mínimo, um índice de dureza 50% mais alto do que o antagonista. Segundo os autores, o fato das porções orgânicas e inorgânicas que formam os compósitos dentais derivarem de diferentes materiais primários, exerce forte influência desses materiais nos níveis de desgaste. Além disso, a adesão das partículas inorgânicas com a matriz orgânica promovidas por agentes silano nas resinas compostas influencia fortemente na resistência ao desgaste desses materiais. A porcentagem das partículas inorgânicas cobertas com silano aumenta linearmente a resistência ao desgaste dos compósitos.

Heintze (2006) realizou uma investigação dos métodos existentes para avaliação do desgaste dos materiais restauradores. Seus achados o levaram a concluir que a significância clínica do desgaste dos materiais restauradores pode ser atribuída, primariamente, ao comprometimento da aparência estética das restaurações onde a perda do material torna-se clinicamente visível principalmente na região de dentes anteriores.



Segundo Ergücü e Türkün (2007) acabamento e polimento adequados são procedimentos clínicos críticos para que se alcance longevidade e estética nas restaurações. Estudos têm mostrado que restaurações com superfície mais lisa são obtidas com o auxílio de uma matriz de poliéster no momento da polimerização. Sendo assim, os autores realizaram um estudo para analisar a rugosidade superficial de cinco resinas compostas nanoparticuladas após três diferentes sistemas de polimento: PoGo (Dentsply); OptraPol (Ivoclar-Vivadent) e One Gloss (Shofu). Para tanto, foram confeccionados 100 discos de resina (20 discos de cada resina, 10x2cm). Cinco discos de cada resina foram polimerizados contra uma matriz de poliéster e serviram como grupo controle. Os discos foram polidos durante 30 segundos com PoGo, OptraPol ou One Gloss, com auxílio de uma peça de mão de baixa rotação, a uma velocidade de 15.000 rpm. Todas as resinas apresentaram diferenças significativas entre os sistemas de polimento. Nas resinas Filtek Supreme XT (3M ESPE) e Grandio (Voco) a matriz de poliéster e o PoGo criaram superfícies lisas igualmente, enquanto significativa rugosidade superficial foi obtida após o uso do OptraPol e o One Gloss. A resina Tetric EvoCeram (Ivoclar-Vivadent) apresentou a maior rugosidade superficial após o uso do OptraPol. De acordo com as imagens no microscópio o OptraPol e o One Gloss arranharam e removeram partículas da superfície, enquanto o PoGo criou um polimento uniforme, embora os valores de rugosidade não fossem os mesmos para cada composto.

Rosa e Vimercati (2007) avaliaram em um estudo *in vitro* a perda de massa de 3 tipos de resinas compostas após um ensaio de escovação simulada. Para cada tipo de resina composta, foram confeccionados 10 corpos-de-prova, utilizando uma matriz metálica bipartida, com 8mm de diâmetro e 3mm de espessura e que foram fotoativados por 40 segundos de cada lado, sendo o Grupo 1: resina microparticulada Durafill VS (Heraeus Kulzer); Grupo 2: resina nanohíbrida TPH<sup>3</sup> (Dentsply) e o Grupo 3: resina microhíbrida Opallis (FGM). Todos os corpos-de-prova foram regularizados com lixa d'água 1200, armazenados em água destilada por 7 dias, secos com papel absorvente e pesados em balança de precisão. Os corpos-de-prova foram submetidos a 30.000 ciclos de escovação, em uma máquina de escovação com escovas macias (Ultra) e solução aquosa de creme dental (Colgate) numa relação 2:1. Os 30.000 ciclos correspondem a seis meses de escovação diária. Após o término da escovação todos os corpos-de-prova foram

lavados em água corrente, secos com papel absorvente e pesados novamente. A perda de massa foi calculada em gramas pela diferença das pesagens antes e após a escovação. O grupo 2 foi o que apresentou menor perda de massa e o grupo 3 foi o que apresentou maior perda de massa, com diferença estatisticamente significativa. Os autores concluíram que a resina microhíbrida apresentou a maior perda de massa após o teste de escovação simulada.

Vimercati (2007) avaliou a degradação de um compósito após ciclos de escovação simulada, com ou sem a aplicação de selante de superfície e com ou sem aplicação tópica de flúor fosfato acidulado. A avaliação foi feita através de análise de alteração de massa e da rugosidade superficial. Foram confeccionados 80 corpos-de-prova com o compósito Z250 e divididos em 4 grupos. Todos os grupos tiveram as superfícies regularizadas com lixa d'água 1200. Os corpos-de-prova foram armazenados em água destilada por 7 dias, em temperatura ambiente e posteriormente pesados em balança analítica para obtenção da massa inicial e submetidos a análise de rugosidade superficial inicial utilizando um rugosímetro. Os corpos-de-prova foram submetidos a 30.000 ciclos de escovação simulando 6 meses de escovação diária. Foi utilizada escova dental macia e uma solução de creme dental e água destilada na proporção de 1:2. Ao fim do ensaio os corpos-de-prova foram lavados em água corrente por 5 minutos e secos com papel absorvente, pesados novamente para obtenção de massa final e submetidos à análise de rugosidade superficial final. O desgaste de cada corpos-de-prova foi avaliado através da perda de massa, que foi calculada pela diferença das pesagens antes e após a escovação e a alteração de rugosidade superficial foi calculada pela diferença entre os valores das médias de rugosidade superficial inicial e final. Não existiu correlação significativa entre a perda de massa e a alteração de rugosidade.

Kazuza (2007) avaliou a resistência ao desgaste abrasivo, em um estudo *in vitro*, das resinas compostas universais Charisma (Heraeus Kulzer), Esthet-X (Dentsply), Fill Magic (Vigodent), Filtek Supreme (3M ESPE), Filtek Z100 (3M ESPE), Filtek Z250 (3M ESPE), Herculite XRV (Kerr Dental), Opallis (FGM), Te-econom (Ivoclar Vivadent) e Tetric Ceram (Ivoclar Vivadent). Foram confeccionados 8 corpos-de-prova, na cor A2, com formatos cilíndricos (8,0mm X 2,0mm) de cada material. A resistência ao desgaste abrasivo foi avaliada através de análises das alterações na

massa e na rugosidade superficial das amostras submetidas à escovação simulada. As mensurações iniciais (pré-escovação simulada) e finais (pós-escovação simulada) de massa foram obtidas através de balança eletrônica com precisão de 0,0001g. As aferições iniciais e finais da rugosidade superficial foram feitas com uma sonda mecânica de 5µm acoplada ao rugosímetro Perthometer S8P (Mahr), com *cut-off* de 0,25mm e comprimento de avaliação de 1,25mm. O teste abrasivo foi realizado em uma máquina de escovação simulada, utilizando escovas dentais de cerdas macias e pontas arredondadas, sob 200g de carga, com velocidade de 374 ciclos/min e solução de dentífrico e água deionizada na proporção de 1:2. As amostras foram submetidas a 50.000 ciclos de escovação. As escovas foram substituídas a cada 25.000 ciclos e a solução foi constantemente repostada durante o teste. Para a avaliação das alterações decorrentes do teste abrasivo foram calculadas as diferenças entre as médias finais e iniciais de massa e de rugosidade superficial e os valores obtidos foram convertidos em porcentagem. Os dados foram analisados estatisticamente através dos testes *t* pareado, ANOVA, Scheffé e correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ). Os resultados demonstraram que todos os materiais apresentaram redução estatisticamente significativa da massa e aumento estatisticamente significativo da rugosidade superficial após a escovação simulada. Considerando as alterações na massa, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados foi (OP=Z2) > Z1 > TC > (HE=CH) > FM > TN > SU > EX. Com relação às alterações na rugosidade superficial, a ordem crescente de resistência à abrasão dos materiais avaliados foi EX > (HE = SU = TC = CH = FM) > (TC = CH = FM = OP) > (OP = Z2 = TN = Z1). O autor concluiu que dentre as resinas compostas universais avaliadas existem diferenças na resistência à abrasão, entretanto, todas desgastam e ficam mais rugosas em consequência de forças abrasivas por escovação simulada. As alterações de massa e de rugosidade superficial das resinas compostas não estão correlacionadas.

Moraes et al. (2008) avaliaram em um estudo *in vitro* a alteração de massa e rugosidade superficial após escovação em quatro diferentes resinas compostas, uma condensável (Solitaire 2 – Heraeus Kulzer), uma microhíbrida (Charisma – Heraeus Kulzer), uma nanohíbrida (Simile – Pentron) e uma microparticulada (Durafill VS – Heraeus Kulzer). Foram confeccionados 20 amostras de cada resina com o auxílio de uma molde com 5mm de diâmetro e 2mm de espessura. A resina

era inserida de forma incremental, três incrementos foram feitos, sendo cada um fotopolimerizado por 40s. As amostras foram armazenadas em água destilada a 37°C durante 24 horas, e após esse período foram polidas com discos de óxido alumínio Sof-Lex (3M ESPE) nas granulações média, fina e extra-fina. Após o polimento as amostras foram limpas em ultrassom com água destilada por 10 minutos e armazenadas a seco a 37°C. Todos os corpos-de-prova foram pesados em balança de precisão e tiveram a rugosidade avaliada por meio de um rugosímetro Surfcometer SE 1700 (Kosaka) antes de iniciar o ensaio de escovação. Somente 10 amostras de cada grupo foram submetidas à escovação, para estas foram utilizadas escovas macias com uma carga de 200g. As amostras foram imersas em uma solução aquosa de dentífrico (1:2) e foram realizados 60.000 ciclos. Para cada grupo os outros 10 corpos-de-prova foram armazenados a 37°C durante o estudo e definidos como grupo controle. Após a escovação os corpos-de-prova foram limpos com jatos de ar/água durante 1 minuto, seguido de lavagem em ultrassom por 10 minutos e secos a 37°C. Novamente foram medidos o peso e a rugosidade de cada corpo-de-prova. A alteração de massa foi calculada pela diferença entre o peso inicial e o final e expressa em porcentagem. Os resultados foram submetidos aos testes estatísticos de ANOVA, Tukey e Correlação de Pearson, com nível de significância de 5%. Com relação a alteração de massa, as resinas Solitaire 2 e Charisma apresentaram maiores perdas, que as resinas Durafill VS e Simile. Para a rugosidade superficial a resina Solitaire 2 apresentou a maior alteração. Os autores concluíram que a escovação causa alteração de massa e rugosidade superficial em todos os materiais testados. As resinas nanohíbrida e microparticulada apresentaram resultados similares, mostrando menor perda de massa e menor rugosidade superficial quando comparados as resinas condensável e microhíbrida.

Cilli et al. (2009) avaliaram a influência de dois selantes de superfície ( BisCover – Bisco e Single Bond – 3M ESPE) e três técnicas de aplicação na rugosidade superficial de duas resinas compostas ( Filtek Z250 e Filtek Z350 – 3M ESPE) após ensaio de escovação simulada. Foram confeccionados 72 corpos-de-prova (5mm x 10mm x 3mm) e divididos em 12 grupos. Para o grupo 1 (sem selante), a resina foi acomodada em uma matriz e coberta em ambos os lados por uma tira de poliéster e uma lamínula de vidro, para que a superfície ficasse regular, e assim os corpos-de-prova foram fotopolimerizados por 40 segundos em ambos os lados. Após ficarem

armazenados em água deionizada a 37°C durante 24 horas, as rebarbas foram removidas com lixa 1200 com água e em seguida metade da superfície dos corpos-de-prova foram polidos com pasta de óxido de alumínio de 1µm e 0,3µm (Arotec). Para o grupo 2 os passos foram os mesmos do grupo 1, e após o polimento de metade do corpo-de-prova foi aplicado o gel de ácido fosfórico a 37% por 20 segundos, lavado com spray de ar/água por 40 segundos, secos com jatos de ar por 10 segundos e selados com uma camada uniforme do selante. A aplicação foi realizada com microbrush fino, em seguida um leve jato de ar por 30 segundos e fotopolimerização por mais 30 segundos. Para o grupo 3 a resina foi acrescentada ao molde e teve metade de sua superfície coberta por uma matriz de poliéster e lamínula de vidro, e a outra metade foi coberta por uma fina camada de selante e então fotopolimerizados por 40 segundos. Posteriormente todos os corpos-de-prova foram armazenados em água deionizada a 37°C durante uma semana. Cada corpo-de-prova foi seco com papel absorvente, e a rugosidade superficial foi avaliada com auxílio de um rugosímetro Hommel Tester T1000 (Hommelwerke) sendo o valor calculado pela média de três leituras. Os corpos-de-prova foram submetidos a 200.000 ciclos de escovação simulada com uma carga de 300g. Foi utilizada escova dental macia e uma solução de água deionizada e creme dental na proporção de 2:1. As escovas foram substituídas a cada 50.000 ciclos. Após 100.000 ciclos os corpos-de-prova foram lavados em água corrente e em ultrassom com água deionizada por 10 minutos para se obter a rugosidade intermediária, e após os 200.000 os mesmo procedimentos foram realizados para se obter a rugosidade final. A remoção do selante de superfície foi avaliada por microscópio e classificados em 4 categorias: 0- selante totalmente removido; 1- superfície parcialmente selada com menos de 50% de selante restante; 2- superfície parcialmente selada com mais de 50% de selante restante e 3- superfície completamente selada. Os resultados foram analisados pelos testes estatísticos ANOVA, Tukey, Wilcoxon, Kruskal-Wallis e Miller, todos com nível de significância de 5%. Para o método de aplicação do selante de superfície usado no grupo 3, somente a resina Filtek Z250 apresentou redução na rugosidade superficial intermediária significativa. Para a rugosidade superficial final, todo o grupo 2 apresentou redução significativa e no grupo 3 somente os corpos-de-prova que tiveram aplicação do Single Bond apresentaram redução na rugosidade superficial final. Os autores concluíram que os compósitos

que foram selados apresentaram melhor desempenho em relação à rugosidade do que os compósitos que não foram selados, após a escovação simulada.

Heintze et al. (2010) realizaram um estudo *in vitro* para avaliar a alteração na rugosidade superficial e brilho de nove resinas compostas e duas cerâmicas após um ensaio de escovação simulada relacionando o tempo de escovação e a carga sobre essa escovação. Foram confeccionados 8 amostras de cada material, com o auxílio de um molde metálico cilíndrico com 10mm de diâmetro e 6mm de espessura. As resinas foram posicionadas no molde e fotopolimerizadas pelo Astralis 10 (Ivoclar) por 40 segundos em cada lado e foram divididas em 4 grupos de acordo com o tamanho de suas partículas de carga: micropartícula (Adoro, Filtek Supreme e Heliomolar), microhíbrida (Four Seasons e Tetric EvoCeram), híbrida (Compoglass F, Targis e Tetric Ceram) e macrohíbrida (Grandio). Após sua confecção foram estocados a 37°C por 24 horas e em seguida polidos com lixa 1200, 2500 e 4000 sob água corrente. Uma solução de creme dental com água deionizada na proporção de 2:1 foi preparada, esse creme dental apresentava partículas abrasivas de 10µm. Para o ensaio de escovação a solução era constantemente substituída, foram utilizadas escovas com cerdas arredondadas e cargas de 100g, 250g ou 350g por um período de 10 horas. A rugosidade e o brilho eram avaliados em intervalos de 1 hora. A rugosidade foi medida antes e após a escovação, com o auxílio de um sensor óptico (FPT MicroProf) que usava a luz refletida para avaliá-la. O brilho também foi medido com o auxílio de um brilhaômetro (Novo-Curve) que mede a intensidade de luz refletida e compara com um valor referencial. Os dados foram encaminhados para análise estatística utilizando o teste de ANOVA a dois critérios. Houve interação significativa entre material versus carga bem como entre carga versus tempo de escovação. As resinas microhíbridas e híbridas demonstraram maior deterioração com maior carga, enquanto que com as resinas microparticuladas, Heliomolar e Adoro acontecia o contrário. Para os materiais cerâmicos pouca ou nenhuma deterioração foi observada com o tempo independente da carga. As imagens do MEV de 5 resinas compostas mostraram que enquanto a superfície dos materiais microparticulado Adoro e Filtek Supreme foram praticamente inalterados após a escovação, os híbrido Targis, Tetric Ceram, e o macrohíbrido Grandio sofreram alterações micromorfológicas devido a desintegração da matriz e da exposição das partículas de carga. Os autores

concluíram que para a maioria dos materiais estudados houve aumento na rugosidade superficial de acordo com o aumento do tempo de escovação e carga, exceto para as resinas Heliomolar e Adoro que melhoraram sua rugosidade superficial com o aumento da carga.

Marghalani (2010) avaliou e comparou, através de um estudo *in vitro*, o polimento superficial de algumas resinas diretas após o acabamento e polimento com oito sistemas diferentes. Foram avaliadas seis resinas posteriores, quatro são a base de dimetacrilato, Rok (Voco), Filtek P60 (3M ESPE), Filtek Z250 (3M ESPE) e X-tral fil (Voco), uma de composto catiônico, Filtek P90 (3M ESPE) e uma a base de ormocer, Definite (Degussa). Oito sistemas de polimento foram usados: Fini (Jeneric/Pentron), Sof-Lex (3M ESPE), Flexidisc/Flexiwheel (Cosmedent), Optidisc/Hiluster (Kerr), Astropol (Ivoclar), CompoSite (Shofu), Enhance (Dentsply) e Occlubrush (Kerr). Foram confeccionados 48 corpos-de-prova (10mm x 2mm) em um molde de teflon. Sobre a resina foi posicionada uma matriz de poliéster e sobre ela uma lamínula de vidro para que ocorresse o extravasamento do excesso de material e a superfície ficasse lisa. Os corpos-de-prova foram fotopolimerizados pelo Astralis 10 (Ivoclar) por 10 segundos em ambos os lados. Após 24 horas os corpos-de-prova foram lixados com lixa 1000 sob água corrente para remoção da camada residual e regularização de superfície. Posteriormente foram armazenados em recipientes escuros com água destilada a 37°C por uma semana. Após esse período os corpos-de-prova foram divididos aleatoriamente em 8 grupos. O primeiro e o segundo grupos usaram os sistemas de discos abrasivos, Sof-Lex e Fini, respectivamente, nas granulações média, fina e super-fina. O terceiro e quarto grupos usaram sistemas de discos abrasivos (3 granulações) mais borracha polidora, Flexidisc/Flexiwheel e o Optidisc/Hiluster. O quinto e sexto grupos usaram um sistema de borrachas polidoras e polidores abrasivos como Astropol e CompoSite. O sétimo e oitavo grupos usaram um sistema de borrachas polidoras impregnadas com UDMA com duas pastas de polimento (Enhance) e o outro um sistema de polimento passo-único (Occlubrush). Todos os procedimentos de polimento foram realizados com contra-ângulo em baixa rotação sob leve pressão e com movimentos circulares. Posteriormente os corpos-de-prova foram lavados em ultrassom com água destilada e a rugosidade superficial foi aferida com o rugosímetro Surfcorde SE1700 (Kosaka), com cut-off de 0,8mm e comprimento de avaliação de

4mm. Os dados foram analisados estatisticamente pelos testes ANOVA e Scheffe. Os parâmetros de rugosidade superficial mostraram diferença estatística para cada sistema de polimento. A superfície mais lisa foi observada na resina Filtek P90 e Definite quando foram polidas com o Sof-Lex e o Astropol, respectivamente. A maior rugosidade superficial foi observada na resina Filtek P60 quando utilizou o sistema Fini. Uma menor rugosidade superficial foi observada quando utilizados os discos de óxido de alumínio comparados as borrachas polidoras de dióxido de zircônia. Os autores concluíram que rugosidade superficial é afetada tanto pela composição do material quanto pelo sistema de polimento usado e que as resinas com partículas de carga maiores e maior quantidade de carga apresentam maiores valores de rugosidades superficial.



### 3 PROPOSIÇÃO

Avaliar a resistência ao desgaste, *in vitro*, de 4 resinas compostas, por análises das alterações de massa e de rugosidade superficial, a fim de:

- Comparar as médias iniciais (sem polimento), intermediárias (pós-polimento) e finais (pós-escovação simulada) de massa e de rugosidade superficial de cada resina composta;
- Comparar a resistência ao desgaste dos compósitos através da análise das alterações de massa e de rugosidade superficial resultante do teste abrasivo por escovação;
- Verificar se existe correlação entre a alteração de massa e da rugosidade superficial

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 MATERIAL

No presente trabalho foram avaliadas quatro resinas compostas sendo elas: Filtek Supreme (3M ESPE) Esthet X (Dentstply), Durafill VS (Heraeus Kulzer) e a Opallis (FGM).

Além das resinas foram utilizados os seguintes materiais:

- Água deionizada (Farma Derm Farmácia de manipulação);
- Aparelho fotopolimerizador Opitilight Plus (Gnatus, 110-240V, 50-60Hz, 95VA) com densidade de potência de 450mW/cm<sup>2</sup>;
- Balança analítica digital (Tecnal – B TEC 210A);
- Espátula Suprafill nº 2 (SS White/Duflex);
- Condensador de Ward nº 2 (SS White/Duflex);
- Pinça clínica (SS White/Duflex);
- Dentífrício Colgate Máxima Proteção Anticáries (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda);
- Escova dental macia Colgate Extra-Clean Professional (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda);
- Lamínula de vidro (Perfecta 20x20mm);
- Discos de lixa Diamond Pro, fino e extra-fino (FGM);
- Matriz de poliéster (TDV);
- Papel absorvente (Snob – Santher);
- Máquina de escovação;
- Radiômetro (Model 100, Demetron Research Corporation, Danbury, CT, USA);
- Rugosímetro Surtronic 3+ (Taylor-Hobson);

Todas as resinas compostas utilizadas são fotoativadas e estão disponíveis no mercado nacional.

O quadro 1 apresenta os nomes comerciais, as características, fabricantes, a cor selecionada, o número do lote e a data de validade dos compósitos utilizados.

<b>MARCA COMERCIAL</b>	<b>ABREVIATURA ADOTADA</b>	<b>FABRICANTE</b>	<b>COR</b>	<b>LOTE</b>	<b>VALIDADE</b>
Filtek Supreme	FS	3M ESPE (Saint Paul, MN, EUA)	A2E	8FK	2011-04
Esthet X	EX	Dentsply (Milford, DE, EUA)	A2	071116	2010-11
Durafill VS	DU	Heraeus Kulzer (Hanau, Alemanha)	A2	010207	2010-02
Opallis	OP	FGM (Joinville, SC, Brasil)	EA2	020708	2011-07

Quadro 1: Apresentação das características das resinas compostas, fabricante, cor, lote e validade.

O quadro 2 ilustra a composição básica dos materiais testados: tipo de carga inorgânica, matriz orgânica, porcentagem de carga e o tamanho médio das partículas.

MARCA COMERCIAL	CARGA INORGÂNICA	MATRIZ ORGÂNICA	PORCENTAGEM DE CARGA	TAMANHO MÉDIO DE PARTICULA
Filtek Supreme (FS)	Nanopartículas de sílica não-aglomeradas Nanoaglomerados Partículas primárias de Zircônia e Sílica	BisGMA UEDMA TEGDMA BisEMA	78,5% em peso	20nm 0,6 a 1,4 µm 5 a 20 nm
Esthet X (EX)	Borosilicato de flúor Alumínio e Bário Sílica nanométrica	UEDMA TEGDMA BisEMA	77% em peso	1 µm 0,04µm
Durafill VS (DU)	Sílica	UEDMA	50 a 60% em peso	0,02 a 0,07µm; 0,04µm
Opallis (OP)	Bário-alumínio silicato, Dióxido de silício	BisGMA TEGDMA BisEMA	78,5 a 79,8% em peso	0,5µm

Quadro 2: Composição básica das resinas compostas empregadas

O dentifrício Colgate Máxima Proteção Anticáries (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda), foi escolhido por ser consumido em larga escala no comércio nacional, sendo classificado como dentifrício de média abrasividade, apresentando em sua composição o carbonato de cálcio como agente abrasivo (ANDRADE JUNIOR, et al., 1998). As escovas de dente Colgate Professional Extra-Clean (Colgate-Palmolive Ind. e Com. Ltda), que foram fixadas nos braços da máquina da escovação apresentam cerdas retas, de consistência macia e pontas arredondadas.

O quadro 3 apresenta a composição básica do dentifrício utilizado para a escovação simulada.

<b>Composição básica do dentifrício Colgate Máxima Proteção Anticáries</b>
Monofluorofosfato de sódio (1450ppm)
Carbonato de cálcio
Lauril Sulfato de sódio
Sacarina sódica
Pirofosfato tetrasódico
Silicato de sódio
Sorbitol
Metilparabeno
Propilparabeno
Goma de celulosa
Aroma e Água

Quadro 3: Composição do dentifrício utilizado

## 4.2 MÉTODO

### 4.2.1 Obtenção dos corpos-de-prova

Foram confeccionados 40 corpos-de-prova, sendo 10 de cada resina composta estudada, obtidos através de uma matriz de aço inoxidável bipartida, com 8mm de diâmetro e 3mm de espessura (VIMERCATI, 2007) (Fig. 1 A e B).



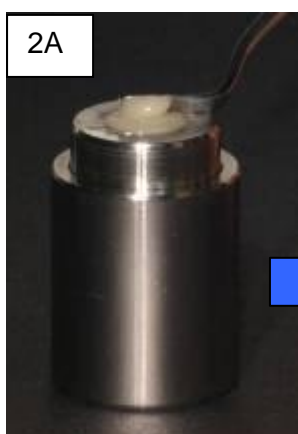
**Figura 6A: Matriz de aço bipartida desmontada**



**Figura 6B: Matriz de aço montada utilizada para confecção dos corpos-de-prova**

A resina composta foi inserida na matriz, até seu total preenchimento, com o auxílio de uma espátula Thompson nº2 e um condensador de Ward nº2, (Fig. 2A) uma matriz de poliéster foi posicionada sobre o compósito e sobre esta, (Fig. 2B) uma lamínula de vidro, (Fig. 2C) submetida a uma carga axial, até que a lamínula encostasse totalmente na matriz, para causar o extravasamento do excesso do material. Posteriormente, o corpo-de-prova foi fotoativado durante 40 segundos com o auxílio de um fotopolimerizador Opitilight Plus (Gnatus) calibrado em  $450\text{mW}/\text{cm}^2$  (Fig. 2D). Terminada a primeira polimerização, o compósito foi removido da matriz (Figs. 2E e 2F) e fotoativado por mais 40 seg, pelo lado oposto. A ponta do aparelho fotoativador mede 10mm de diâmetro, cobrindo totalmente o corpo-de-prova. A intensidade de luz do aparelho fotopolimerizador foi verificada por meio de radiômetro Demetron a cada 5 corpos-de-prova (VIMERCATI, 2007).

Os corpos-de-prova foram removidos da matriz e em seguida foram retiradas as saliências laterais com lixa d'água nº 1.200 a seco (Fig. 2G), lavados em água corrente e foram acondicionados em recipientes individualizados, contendo água deionizada suficiente para cobri-los, durante 07 dias, em estufa a uma temperatura de aproximadamente  $36^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ , (MORGADO, 2005) para a absorção de água e estabilidade da massa (VIMERCATI, 2007).



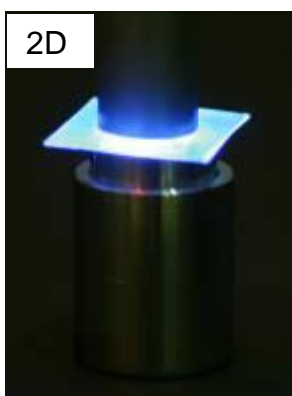
**Figura 7A:** Inserção da resina composta na matriz com auxílio de uma espátula



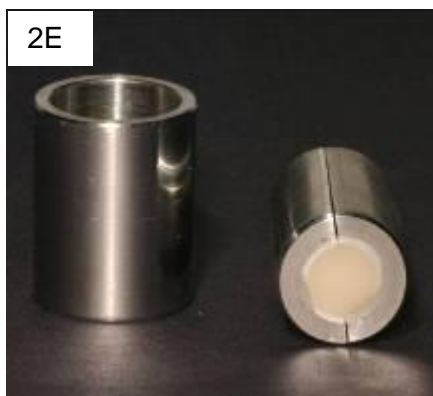
**Figura 7B:** Matriz de poliéster posicionada sobre a resina



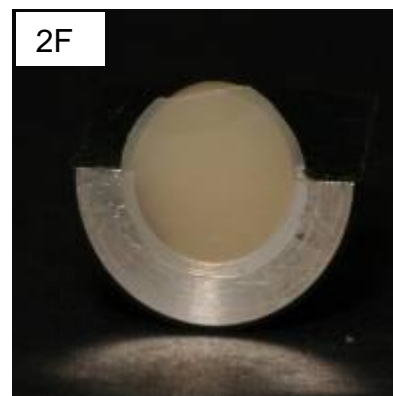
**Figura 7C:** Lamínula de vidro posicionada sobre a matriz de poliéster



**Figura 7D:** Fotopolimerização inicial através da lamínula



**Figura 7E:** Corpo-de-prova polimerizado na matriz de aço



**Figura 7F:** Separação da matriz de aço para remoção do corpo-de-prova



**Figura 2G:** Corpos-de-prova prontos, após remoção das saliências laterais.

#### 4.2.2 Determinação da massa inicial ( $M_i$ )

Passados os 07 dias, os corpos de prova foram secos em papel absorvente (Snob - Santher), e pesados em balança analítica digital Tecnal – B, modelo TEC 210A (Fig. 3A e 3B) do laboratório de bebidas de origem vegetal do Espírito Santo (LAVEBES). Essa balança tem precisão de 0,0001 gramas ( $10^{-4}$ ). Os corpos de prova foram manipulados sempre com pinça clínica (MORGADO, 2005). Foram realizadas 3 pesagens em cada corpo-de-prova sendo a média aritmética o valor de massa inicial ( $M_i$ ) (ANTONIAZZI, NAGEN FILHO, 2003).



**Figura 3A: Balança eletrônica utilizada para determinação de massa dos corpos-de-prova**



**Figura 3B: Balança analítica sendo calibrada para iniciar as pesagens dos corpos-de-prova**

#### 4.2.3 Determinação da rugosidade superficial inicial ( $R_i$ )

As leituras da rugosidade superficial inicial foram obtidas com o rugosímetro Surtronic 3+ (Taylor-Hobson)(Fig. 4) do laboratório de Engenharia Mecânica da Universidade Federal do Espírito Santo. Este aparelho possui uma ponta apalpadora com tamanho de 0,005mm de raio que se desloca a uma velocidade de 0,5 mm/min,



conectada a uma unidade que possui um visor de cristal líquido que registra digitalmente a leitura da superfície.



**Figura 4: Rugosímetro utilizado para determinação da rugosidade superficial dos corpos-de-prova**

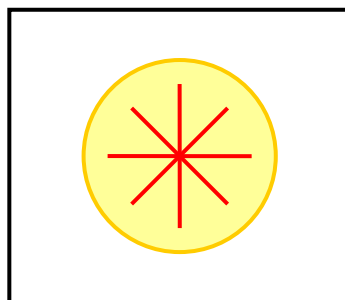
O rugosímetro foi devidamente calibrado segundo o manual de instruções que padroniza a leitura inicial sobre uma superfície padrão fornecida pelo fabricante, para então proceder à posterior leitura das amostras (Fig. 5).



**Figura 5: Calibração do rugosímetro utilizado para determinar a rugosidade superficial dos corpos-de-prova**

Foram realizadas 4 leituras em direção radial a cada 45°, em cada corpo-de-prova (Fig. 6). O parâmetro utilizado foi o “Ra” que registra a média entre os picos e vales de rugosidade em micrometros ( $\mu\text{m}$ ), com “cut-off” de 0,25 e extensão de tracejamento de 2,5mm. Foi obtida a média aritmética, considerada como valor de

rugosidade inicial (***R<sub>i</sub>***) (VIMERCATI, 2007). Os dados obtidos foram registrados em uma tabela. As regiões onde era nítido algum tipo de irregularidade, como bolhas ou falhas, foram desconsideradas, procurando-se áreas visivelmente livres de irregularidades.



**Figura 6: Esquema da direção das leituras no corpo-de-prova**

#### 4.2.4 Procedimentos de polimento

Após as leituras, os corpos-de-prova foram submetidos aos procedimentos de polimento. Para tal procedimento foram usados os discos de lixa de óxido de alumínio Diamond Pro (FGM), de forma seqüencial, da maior para a menor granulação, dispondo-se das granulações fina (azul claro) e extra fina (branca), durante 15 segundos cada granulação. Esse polimento foi realizado em baixa rotação com o contra-ângulo (Kavo), sob pequena pressão manual e sem refrigeração. Entre uma granulação e outra, os corpos-de-prova foram lavadas em água corrente. Após os procedimentos de polimento os corpos-de-prova foram acondicionados em recipiente com água deionizada em estufa a uma temperatura de aproximadamente  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , durante 7 dias para posterior avaliação de massa e rugosidade (MORGADO, 2005).

#### 4.2.5 Determinação da massa e rugosidade intermediária (MM e RM)

Após o procedimento de polimento foram obtidos os dados de massa e rugosidade superficial, para isso, os corpos-de-prova foram retirados dos recipientes contendo

água deionizada e secos em papel absorvente, repetindo os passos descritos anteriormente (MORGADO, 2005).

#### 4.2.6 Ensaio de escovação simulada

Todos os corpos-de-prova foram submetidos a 100.000 ciclos de escovação (MORGADO, 2005), representando 4,2 anos de escovação manual (HEATH e WILSON, 1976). Para a realização do ensaio de escovação, foi utilizado um aparelho denominado “Máquina de Escovação” do laboratório de Engenharia Mecânica da UNITAU (Fig.7A e 7B). O aparelho é constituído de uma base com 25mm de diâmetro por 15mm de altura sobre a qual são afixados dois recipientes metálicos circulares de 60mm de diâmetro por 20mm de altura, onde se encaixavam duas matrizes de alumínio contendo quatro perfurações (8mm de diâmetro por 2mm de profundidade), nas quais eram encaixados os corpos-de-prova (8mm de diâmetro por 3mm de espessura).



**Figura 7A: Máquina de escovação simulada usada no teste de abrasão**



**Figura 7B: Vista aproximada da matriz onde são posicionados os corpos-de-prova**

As dimensões de cada corpo-de-prova reproduziram fielmente as dimensões das oito cavidades encontradas nas matrizes de alumínio da máquina de escovação. No entanto, a espessura de 1mm a mais no corpo-de-prova garantiu um contato íntimo dos tufo ou fileiras das escovas com cada espécime e conseqüentemente, um processo de abrasão muito mais efetivo necessário para as aferições do estudo (VIMERCATI, 2007).

A matriz onde se encontravam os corpos-de-prova era dotada de movimento circular e o braço onde se encontrava a escova possuía o movimento de vai-e-vem. A composição dos dois movimentos, simula uma escovação circular.

A frequência de movimento da escova foi de 374 ciclos por minuto. Entende-se por ciclo o movimento de ida e volta da escova dental. Os 100.000 ciclos de escovação totalizaram um tempo aproximado de quatro horas e vinte minutos.

Foram utilizadas escovas dentais Colgate Extra Clean Professional, de consistência macia, sobre a qual era acoplado um cilindro de metal, que simulava uma carga de 200g, com a finalidade de aparentar a força empregada durante os procedimentos de higiene oral. As cabeças das escovas foram colocadas e fixadas de forma que suas cerdas ficassem perpendiculares às superfícies dos corpos-de-prova. A cada 50.000 ciclos as escovas utilizadas eram substituídas.

O creme dental utilizado foi o Colgate Máxima Proteção Anticáries, que foi pesado e diluído em água deionizada na proporção de 1:2, sendo colocados 5 ml desta solução dentro do recipiente metálico onde se encontravam os corpos-de-prova. A cada 5.000 ciclos, essa solução aquosa era adicionada ao recipiente que continha os corpos-de-prova (VIMERCATI, 2007).

Ao atingir 50.000 ciclos, as posições dos corpos-de-prova eram invertidas, os que estavam à esquerda eram colocados à direita e vice-versa, a fim de evitar possíveis diferenças de um lado para o outro, o que poderia interferir no resultado final do processo de escovação (MORGADO, 2005).

Após o término da escovação os corpos de prova foram cuidadosamente removidos da máquina de escovação e lavados em água corrente, com o auxílio da pinça clínica para total remoção do creme dental. Os corpos de prova foram armazenados novamente em água deionizada por 7 dias em estufa à temperatura de  $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ , para a completa hidratação (ANTONIAZZI e NAGEN FILHO, 2003).

#### 4.2.7 Determinação da massa final (MF)

Os corpos-de-prova foram secos com papel absorvente e pesados em balança analítica, seguindo-se a mesma metodologia descrita anteriormente no item 4.2.2 tendo os valores em gramas registrados como massa final (**MF**).

#### 4.2.8 Determinação da rugosidade final (RF)

Após o período de 7 dias, também foi realizada a análise da rugosidade superficial final (**RF**), seguindo-se a mesma metodologia descrita anteriormente no item 4.2.3, e seus valores foram registrados.

#### 4.2.9 Alteração na massa dos corpos-de-prova

A alteração na massa dos corpos-de-prova foi determinada através do cálculo da diferença entre MM e MI (M1) e MF e MM (M2). Entretanto, para facilitar a compreensão dos resultados, a alteração de massa foi convertida em porcentagem. Os dados foram tabulados e tratados estatisticamente (APÊNDICE A,C, E e G)

#### 4.2.10 Alteração na rugosidade superficial dos corpos-de-prova

A alteração na rugosidade superficial dos corpos-de-prova foi determinada através do cálculo da diferença entre RM e RI (R1) e RF e RM (R2) e também foi convertida em porcentagem. Os dados foram tabulados e tratados estatisticamente (APÊNDICE B, D, F e H)

.

## 5 RESULTADOS

### 5.1 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE MASSA

As médias de massa, expressas em gramas (g), obtidas para cada resina composta nos momentos iniciais (sem polimento), intermediários (pós-polimento) e finais (pós-escovação simulada) dessa pesquisa foram analisados estatisticamente através do teste t-pareado, com nível de significância de 5% (TAB. 1).

Tabela 1: Médias iniciais, intermediárias, finais, desvios-padrões de massa das resinas compostas avaliadas e os p-valores obtidos na análise estatística.

Resinas Compostas	MI (dp)	MM (dp)	MF (dp)	p-valor M1	p-valor M2
FS	0,3113 (0,0058)	0,3111 (0,0058)	0,3108 (0,0057)	0,000	0,032
EX	0,3461 (0,0116)	0,3452 (0,0116)	0,3437 (0,0108)	0,002	0,008
DU	0,2495 (0,0078)	0,2493 (0,0068)	0,2483 (0,0073)	0,001	0,563*
OP	0,3179 (0,0089)	0,3171 (0,0089)	0,3159 (0,0087)	0,000	0,000

Os resultados do teste t-pareado indicam que  $MI > MM$  e revelam diferenças estatisticamente significantes entre MI e MM para todas as resinas compostas ( $p < 0,05$ ). Também indicam que  $MM > MF$  e revelaram diferenças estatisticamente significantes entre MM e MF para todas as resinas, exceto a Durafill VS ( $p < 0,05$ ).

As porcentagens das alterações na massa dos corpos-de-prova submetidos ao polimento e ao teste de escovação simulada representadas por valores negativos confirmam a perda de massa dos compósitos reveladas no teste t-pareado. Essas alterações, foram verificadas estatisticamente através do teste de Kruskal-Wallis, e as comparações foram obtidas através do teste de Mann-Whitney, ambos com nível de significância de 5% (TAB. 2).

Tabela 2: Porcentagens das alterações na massa das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e o resultado do teste de Mann-Whitney.

Resinas Compostas	Porcentagem das alterações de massa M1 (dp)	Porcentagem das alterações de massa M2 (dp)	Agrupamento através do teste de Mann-Whitney*	
			M1	M2
FS	-0,06 (0,03)	-0,10 (0,13)	A	A
DU	-0,08 (0,05)	-0,40 (2,12)	A	A B
OP	-0,25 (0,11)	-0,37 (0,17)	B	B
EX	-0,26 (0,17)	-0,43 (0,38)	B	B

\*não existe diferença estatisticamente significativa entre os valores com a mesma letra ( $p < 0,05$ )

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, houve diferença estatisticamente significativa entre os grupos ( $p < 0,05$ ). Através do teste de Mann-Whitney podemos classificar as resinas compostas testadas em ordem crescente de resistência à abrasão, considerando as alterações de massa de acordo com o momento: após o polimento (FS=DU)>(OP=EX) e após a escovação simulada (FS=DU)>(OP=DU=EX).

De acordo com o teste de Mann-Whitney a resina Esthet X apresentou o maior percentual de perda de massa após o polimento e após a escovação simulada.



## 5.2 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA RESISTÊNCIA AO DESGASTE ABRASIVO POR ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES DE RUGOSIDADE SUPERFICIAL

As média de rugosidade superficial, expressas em micrometros ( $\mu\text{m}$ ), obtidas para cada resina composta nos momentos iniciais (sem polimento), intermediários (pós-polimento) e finais (pós-escovação simulada) dessa pesquisa foram analisados estatisticamente através do teste Wilcoxon, com nível de significância de 5% (TAB. 3)

Tabela 3: Médias iniciais, intemediárias, finais, desvios-padrões de rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas e os p-valores obtidos na análise estatística.

Resinas Compostas	RI (dp)	RM (dp)	RF (dp)	p-valor R1	p-valor R2
<b>FS</b>	0,50 (0,06)	0,24 (0,09)	0,35 (0,07)	0,005	0,005
<b>EX</b>	0,25 (0,18)	0,16 (0,08)	0,30 (0,10)	0,049	0,005
<b>DU</b>	0,21 (0,11)	0,20 (0,11)	0,42 (0,10)	0,161*	0,005
<b>OP</b>	0,38 (0,17)	0,22 (0,15)	0,35 (0,20)	0,025	0,083*

Os resultados do teste de Wilcoxon indicam que  $RI > RM$  e revelam diferenças estatisticamente significantes entre RI e RM para todas as resinas compostas, exceto para Durafill VS ( $p < 0,05$ ). Também indicam que  $RM < RF$  e revelaram diferenças estatisticamente significantes entre RM e RF para todas as resinas, exceto para Opallis ( $p < 0,05$ ).

As porcentagens das alterações na rugosidade superficial dos corpos-de-prova submetidos ao polimento representadas por valores negativos confirmam a diminuição da rugosidade superficial dos compósitos reveladas no teste de Wilcoxon. E as porcentagens representadas por valores positivos, após a escovação simulada, confirmam o aumento na rugosidade superficial reveladas no mesmo teste. Essas alterações foram verificadas estatisticamente através do teste de Kruskal-Wallis, e as comparações foram obtidas através do teste de Mann-Whitney, ambos com nível de significância de 5% (TAB. 4).

Tabela 4: Porcentagens das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas, desvios-padrões e o resultado do teste de Mann-Whitney.

Resinas Compostas	Porcentagem das alterações de rugosidade superficial R1 (dp)	Porcentagem das alterações de rugosidade superficial R2 (dp)	Agrupamento através do teste de Mann-Whitney*	
			R1	R2
FS	-52 (0,36)	145,83 (0,08)	A	A
DU	-4,76 (0,00)	210 (0,15)	B	A
OP	-42,10 (0,04)	159,09 (0,11)	A B	A
EX	-36 (0,88)	187,50 (0,07)	B	A

\*não existe diferença estatisticamente significante entre os valores com a mesma letra ( $p < 0,05$ )

De acordo com o teste de Kruskal-Wallis, houve diferença estatisticamente significante entre os grupos no momento pós-polimento ( $p < 0,05$ ), já no momento pós-escovação não houve diferença estatisticamente significante. Através do teste de Mann-Whitney podemos classificar as resinas compostas testadas em ordem crescente de resistência à abrasão, considerando as alterações de rugosidade superficial de acordo com o momento: após o polimento ( $FS=OP$ ) < ( $OP=EX=DU$ ) e após a escovação simulada  $FS=OP=EX=DU$ .

De acordo com o teste de Mann-Whitney a resina Filtek Supreme apresentou o maior percentual de redução de rugosidade superficial após o polimento. Após a escovação simulada, foi a resina Durafill VS que apresentou o maior percentual de aumento na rugosidade superficial.

### 5.3 CORRELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS MASSA E RUGOSIDADE SUPERFICIAL

Com a finalidade de se investigar se existe uma associação entre as variáveis estudadas, massa e rugosidade superficial, foi calculado o coeficiente de correlação de Spearman para cada grupo isoladamente. A correlação não-paramétrica de Spearman foi utilizada, pois os valores de rugosidade não apresentaram distribuição normal, que é um pressuposto para a correlação de Pearson (TAB. 5).

Tabela 5: Coeficientes de correlação de Spearman e p-valores para a alteração da rugosidade superficial em função da alteração de massa dos corpos-de-prova de cada grupo.

<b>Material</b>	<b>Cruzamento entre massa e rugosidade</b>	<b>Coeficiente de Correlação (r)</b>	<b>p-valor</b>
Durafill	Intermediário	0,231	0,521
	Final	-0,588	0,074
Opallis	Intermediário	-0,875	0,001*
	Final	-0,304	0,393
Esthet X	Intermediário	-0,030	0,933
	Final	0,267	0,455
Filtek Supreme	Intermediário	-0,875	0,001*
	Final	-0,245	0,496

Para a análise de correlação considera-se o valor do coeficiente ( $x$ ), onde  $-1 < x < 1$ . Valores de  $x$  próximos de 1 evidenciam uma forte correlação positiva, ao passo que valores próximos de -1 mostram uma forte correlação negativa. Uma correlação é positiva quando o aumento de uma variável implica no aumento da outra. Já na correlação negativa o aumento de uma variável faz com que a outra diminua em valores. Quando  $x$  está próximo de zero significa não haver associação entre as variáveis.

Todos os materiais estudados apresentaram uma correlação negativa entre a alteração de massa e a alteração de rugosidade, no entanto essa correlação não foi estatisticamente significativa.

Somente no momento após o polimento das resinas Opallis e Filtek Supreme houve uma alta correlação negativa entre a alteração de massa e a alteração de rugosidade, sendo estatisticamente significativo.

Os resultados encontrados neste estudo mostram que a correlação entre alteração de massa e alteração de rugosidade superficial não foi estatisticamente significativa ( $p < 0,05$ ).

## 6 DISCUSSÃO

A significância clínica do presente estudo é atribuída aos mecanismos de desgastes aos quais as resinas compostas estão expostas na cavidade bucal, entre eles podemos citar a abrasão por escovação (HEATH; WILSON, 1976). Esse desgaste compromete a longevidade clínica das restaurações devido à perda de forma anatômica, restrições funcionais e comprometimento da estética. Pesquisas *in vivo* são de alto custo e de difícil execução, sendo assim, muitas pesquisas *in vitro* têm sido desenvolvidas para a avaliação da resistência ao desgaste dos materiais restauradores através do emprego de máquinas de simulação de desgaste (KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; TANOUE; MATSUMURA; ATSUTA, 2000; WANG, 2001; KAZUZA, 2007, MORAES et al., 2008).

Um dos métodos aplicados em pesquisas laboratoriais para a promoção do desgaste abrasivo de materiais restauradores é a escovação simulada. Ainda não existe um consenso quanto ao número de ciclos de escovação simulada e a sua equivalência cronológica *in vivo* (WANG, 2001). O número de ciclos que simula um ano de escovação na cavidade oral varia de 4.320 a 16.000, de acordo com Aker (1982). Segundo Heath e Wilson (1976) 100.000 ciclos de escovação simulada equivalem a aproximadamente quatro anos de escovação *in vivo*. Embora esse teste de resistência à abrasão não englobe todas as situações de desgastes intrabucais, é de grande valia e permitem a obtenção de resultados comparáveis sobre a resistência ao desgaste abrasivo de materiais restauradores (HEATH; WILSON, 1976; WAKAMATSU; KAKUTA; OGURA, 2003).

No presente estudo, 4 resinas compostas foram submetidas a procedimentos de polimento com discos de óxido de alumínio e a 100.000 ciclos de escovação simulada. A resistência ao desgaste abrasivo foi avaliada através de duas análises distintas. Uma delas, obtida pela pesagem das amostras nos momentos inicial, pós-polimento e pós-escovação simulada, possibilitou a análise das alterações de massa das resinas compostas (McCABE; SMITH, 1981; LI et al., 1985, WANG, 2001; ROSA E VIMERCATI, 2007). A outra, se referiu à avaliação através da análise das alterações na rugosidade superficial das resinas compostas submetidas ao

polimento e à escovação simulada (CORRER SOBRINHO et al., 2001; ANTONIAZZI; NAGEM FILHO, 2003; MORGADO, 2005; KAZUZA, 2007; MORAES et al., 2008)

Todas as resinas compostas avaliadas neste estudo apresentaram perda significativa de massa após o polimento e após a escovação simulada. Esses resultados podem ser explicados pelo desgaste da matriz orgânica e deslocamento das partículas inorgânicas. Outros estudos que avaliaram a resistência a abrasão de resinas compostas condensáveis, microhíbridas, micropartículas, nanopartículas e até mesmo compômeros também observaram a perda de massa desses materiais após a escovação simulada (WANG, 2001; MONDELLI et al., 2003; PENTEADO, 2006, ROSA; VIMERCATI, 2007, KAZUZA, 2007; MORAES et al., 2008).

A perda de massa das resinas compostas submetidas ao polimento e posteriormente à escovação simulada pode ser considerada uma consequência previsível, visto que ocorre remoção mecânica da matriz orgânica nos procedimentos de polimento, e que até o esmalte dental está sujeito ao desgaste por forças abrasivas de escovação (MILLER, 1907).

O ideal seria que os materiais restauradores apresentassem desgaste similar ao do esmalte, entretanto essa propriedade é atribuída somente a algumas ligas metálicas e aos materiais cerâmicos (HEINTZE, 2006).

Houve uma variação de 0,06% a 0,26% na perda de massa das resinas compostas submetidas ao polimento nesse estudo, com diferenças estatisticamente significantes entre elas. As resinas compostas FS (0,06%) e DU (0,08%) apresentaram os menores índices de perda de massa, não apresentando diferença estatística entre elas. Por outro lado, OP (0,25%) e EX (0,26%) foram as resinas compostas que mais desgastaram, sem diferença estatística entre elas.

Quando submetidas à escovação simulada, houve uma variação de 0,10% a 0,43% na perda de massa, com diferenças estatisticamente significantes entre elas. A resina FS (0,10%) apresentou o menor índice de perda de massa, não tendo diferença estatisticamente significativa com a resina DU (0,40%). A resina EX

(0,43%) apresentou a maior perda de massa, porém sem diferença estatisticamente significativa para OP (0,37%) e DU (0,40%).

A resistência à abrasão das resinas compostas, assim como outras propriedades mecânicas, está diretamente relacionada com a composição da matriz orgânica (KANTER; KOSKI; MARTIN, 1982). Dentre os monômeros que a compõem, quanto maior a quantidade de UEDMA e TEGDMA na matriz orgânica, maior é a sua resistência ao desgaste (KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001). Por outro lado, quanto maior a quantidade de BisGMA, menor é a sua resistência ao desgaste (SÖDERHOLM et al., 2001). Sendo assim, esperava-se encontrar nos dados fornecidos pelos fabricantes, que o monômero BisGMA estivesse presente na composição da matriz orgânica da resina composta que mais desgastou. Entretanto, esse monômero nem fazia parte da composição da matriz orgânica da resina EX, resina que apresentou a menor resistência ao desgaste abrasivo. Contraditoriamente, o BisGMA está presente na composição da resina que se apresentou como a mais resistente ao desgaste (FS) (QUADRO 2).

Estudos têm mostrado que a resistência à abrasão está relacionada com a composição inorgânica das resinas. Alguns consideram a influência do tamanho (St. GERMAIN et al., 1985; LI et al., 1985, LEINFELDER, 1987), outros da morfologia das partículas inorgânicas (LEINFELDER, 1993) e outros, a qualidade da interface matriz/partícula inorgânica (KAWAGUCHI; FUKISHIMA; HORIBE, 1989; LEINFELDER, 1993) na resistência ao desgaste abrasivo. No entanto, parece consenso que a resistência ao desgaste abrasivo esteja diretamente relacionada com o conteúdo de carga inorgânica, quanto maior o conteúdo, maior a resistência ao desgaste (St. GERMAIN et al., 1985; LI et al., 1985; LIM et al., 2002; LAMBRECHTS et al., 2006). De acordo com os dados fornecidos pelos fabricantes (QUADRO 2), as resinas avaliadas apresentam conteúdos de carga semelhantes, e a resina DU que apresenta o menor conteúdo de carga não foi a que apresentou a menor resistência. Dessa forma não parece haver relação entre a resistência à abrasão e as diferenças mínimas dos conteúdos de carga desses materiais.

No presente estudo, a resistência ao desgaste abrasivo das resinas também foi avaliada, através da análise das alterações na rugosidade superficial. O limiar de



rugosidade superficial dos materiais restauradores, considerando o controle da formação de biofilmes bacterianos, é de  $0,20\mu\text{m}$ . Superfícies com rugosidade superficial acima desse limiar facilitam o acúmulo de placa, elevando assim o risco de ocorrência de cárie e inflamação periodontal (BOLLEN; LAMBRECHTS; QUIRYNEN, 1997).

A rugosidade superficial também está diretamente relacionada com o manchamento das restaurações de resina composta (KAWAI; ISENBERG; LEINFELDER, 1993; LU et al., 2005). Outro inconveniente está relacionado ao conforto do paciente, considerando a aspereza superficial da restauração. Alguns autores tentaram determinar um valor de limiar da rugosidade superficial das restaurações a partir do qual os pacientes fossem capazes de detectá-las. Os autores estipularam que  $0,50\mu\text{m}$  é o limiar máximo de valor de rugosidade superficial das restaurações para que não sejam detectáveis pelos pacientes. Isso devido à precisão dos pacientes em distinguir os valores de rugosidade entre  $0,25$  e  $0,50\mu\text{m}$  (JONES; BILLINGTON; PEARSON, 2004).

No presente estudo, as médias iniciais de rugosidade superficial das resinas variaram de  $0,21$  a  $0,50\mu\text{m}$ . Considerando os limiares aceitáveis descritos anteriormente, todas as resinas ultrapassaram o limiar aceitável para acúmulo de placa bacteriana. No entanto, após o procedimento de polimento, as resinas EX ( $0,16\mu\text{m}$ ) e DU ( $0,20\mu\text{m}$ ) apresentaram valores aceitáveis para o não acúmulo de biofilme. As médias finais de rugosidade variaram de  $0,30$  a  $0,42\mu\text{m}$ , considerando novamente os limiares aceitáveis de  $0,20$  e  $0,50\mu\text{m}$ , todas as resinas (FS =  $0,35\mu\text{m}$ ; EX =  $0,30\mu\text{m}$ ; DU =  $0,42\mu\text{m}$ ; OP =  $0,35\mu\text{m}$ ) submetidas à escovação simulada estariam sujeitas ao acúmulo de placa bacteriana, no entanto não seriam detectáveis pelos pacientes.

As resinas compostas apresentam superfície mais lisa quando polimerizada com tira de poliéster (ONO, 1997; NAGEM FILHO et al., 2003). Diversos autores apontam os discos de óxido de alumínio, como os melhores materiais para polimento da superfície (TAYRA et al., 1985; TATE; POWERS, 1996; BOUVIER; DUPREZ; LISSAC, 1997; YAP; LYE; SAL, 1997; SETCOS; TARIM; SUZUKI, 1999). Dessa forma, no presente estudo, foram utilizados para o polimento os disco de óxido de

alumínio nas granulações fina e extra-fina com o intuito de proporcionar uma superfície mais lisa.

Considerando os índices de alteração da rugosidade superficial das resinas compostas avaliadas, após o polimento todas apresentaram uma redução significativa na rugosidade, no entanto a resina FS (52%) foi a que apresentou a maior redução na rugosidade superficial, corroborando com a afirmação de que os nanocompósitos foram introduzidos no mercado com a pretendida vantagem de melhorar o polimento e a retenção de brilho (MITRA; WU; HOLMES, 2003).

Para os índices de alteração da rugosidade após a escovação simulada, todas as resinas apresentaram um aumento significativo da rugosidade, variando de 145,83% a 210%. A resina FS aumentou 145,83% na rugosidade superficial, sendo a resina que demonstrou a menor variação. OP e EX aumentaram 159,09 e 187,50% respectivamente e pertenceram ao grupo intermediário de variação. A rugosidade da resina DU aumentou 210%, sendo ela a resina que apresentou a maior variação na rugosidade superficial após a escovação.

A resina EX, foi a que apresentou a menor rugosidade superficial após a escovação simulada, e a resina DU a que apresentou maior rugosidade superficial, no entanto não houve diferença estatística significativa entre todas as resinas avaliadas. Esses resultados são contraditórios aos obtidos em pesquisas anteriores, onde a resina DU é comparada a FS e apresenta menor rugosidade superficial (MORGADO, 2005), mas corroboram com os resultados obtidos por Kazuza (2007), onde a resina EX, apresentou a menor rugosidade superficial.

No presente estudo as comparações dos dois tipos de análises de resistência ao desgaste abrasivo (massa x rugosidade superficial), não foram correlacionadas, corroborando com os resultados de estudos anteriores (WANG, 2001; GARCIA et al., 2004; TURSSI; FERRACANE; SERRA, 2005; VIMERCATI, 2007; KAZUZA, 2007). Esse fato é nitidamente evidenciado pelos resultados demonstrados pela resina EX que, após o polimento e a escovação simulada, apresentou os maiores índices de desgaste, no entanto os menores de rugosidade superficial.

De acordo com o tamanho das partículas das resinas compostas avaliadas no presente estudo, havia três classificações de materiais: a resina micropartícula (DU), as resinas híbridas (EX, OP) e a resina nanoparticulada (FS). O presente estudo não teve a pretensão de afirmar alguma relação entre a resistência à abrasão das resinas compostas avaliadas com os dados de composição orgânica e inorgânica fornecidos pelos fabricantes, visto que muitas vezes, essas informações não coincidem com a real composição dos materiais, sendo necessária cautela (SABBAGH et al., 2004). Pesquisas experimentais que formula os materiais a serem avaliados, alternado os tipos de monômeros (KAWAI; IWAMI; EBISU, 1998; SÖDERHOLM et al., 2001), os tamanhos e as morfologias das partículas inorgânicas, os conteúdos de carga (LI et al., 1985; St. GERMAIN et al., 1985; LEINFELDER, 1993) ou até mesmo, os silanos que promovem a união das partículas com a matriz orgânica (LIM et al., 2002) e, que têm o total controle sobre essas variáveis, são adequadas para discutir a influência da composição dos materiais em suas propriedades.

Todos os materiais usados em nosso estudo apresentaram diferentes resultados para perda de massa e alteração de rugosidade, e sabe-se que o mecanismo responsável por esses fenômenos são mais complexos que os explicados somente pelos componentes de carga. Mesmo que todos os compósitos tenham apresentado alteração de massa é difícil prever qual a média de perda poderia estar relacionada a uma longevidade clínica das restaurações. Entretanto, avaliando clinicamente, parece que a rugosidade superficial tem um efeito mais significativo na resistência ao desgaste abrasivo. Contudo sabe-se que essas características são indesejáveis para esses materiais dos pontos de vista fisiológico, funcional e estético, sendo necessárias mais pesquisas *in vitro* e *in vivo*, que possam confirmar os resultados encontrados nesse estudo e que, esses materiais sejam empregados clinicamente com cautela.

## 7 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos e na análise estatística realizada, pôde-se concluir que:

1. O processo de abrasão por escovação causou significativa perda de massa e alteração de rugosidade em todos os materiais estudados.
2. A resina Filtek Supreme apresentou menor perda de massa tanto após o polimento quanto após a escovação. A resina Esthet X apresentou a menor rugosidade superficial tanto após o polimento quanto após a escovação simulada.
3. Não existiu correlação entre perda de massa e alteração de rugosidade superficial.

## 8 REFERÊNCIAS

- AKER, J.R. New composite resins: comparison of their resistance to toothbrush abrasion and characteristics of abraded surfaces. **J. Am. Dent. Ass.**, Chicago, v. 105, n. 4, p. 633-635, Oct. 1982.
- ANTONIAZZI, R.G.; NAGEM FILHO, H. Avaliação do desgaste de superfície das resinas compostas com diferentes técnicas de polimerização. **Rev. Bioc.**, v. 9, n. 4, p. 11-18, Out./Dez. 2003.
- BOLLEN, C.M.; LAMBRECHTS, P.; QUIRYNEN, M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: A review of the literature. **Dent. Mater.**, Washington v. 13, n. 4, p. 258-269, July 1997.
- BOUVIER, D.; DUPREZ, J.P.; LISSAC, M. Comparative evaluation of polishing systems on the surface of three aesthetic material. **J. Oral. Rehabil.**, Oxford, v. 24, p. 888-894, 1997.
- BOWEN, R.L. Properties of a silica-reinforced polymer for dental restorations. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 66, n. 1, p. 57-64, 1963.
- CILLI, R. et al. The role of surface sealants in the roughness of composites after a simulated toothbrushing test. **J. Dent.**, v. 37, p. 970-77, 2009.
- CORRER SOBRINHO, L. et al. Influência da escovação na rugosidade de superfície de materiais restauradores estéticos. **PGR**, v. 4, n. 1, p. 47-55, jan./abr. 2001.
- DE GEE, A.J.; HARKEL-HAGENAAR, H.C.; DAVIDSON, C.L. Structural and physical factors affecting the brush wear of dental composite. **J. Dent.**, v. 13, n. 1, p. 60-70, Mar. 1985.
- ERGÜCÜ, Z.; TÜRKÜN, L.S. Surface roughness of novel resin composites polished with one-step systems. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 32, n. 2, p. 185-192, 2007.
- GARCIA, F.C.P. et al. Evaluation of the roughness and mass loss of the flowable composites after simulated toothbrushing abrasion. **Braz. Oral Res.**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 156-61, 2004.
- HARRINGTON, E. et al. Toothbrush-dentifrice abrasion. A suggested standard method. **Brist. Dent. J.**, v. 153, n. 4, p. 135-8, Aug. 1982.
- HEATH, J.R.; WILSON, H.J. Abrasion of restorative materials by toothpaste. **J. Oral Rehabil**, Oxford, v. 3, n. 2, p. 121-138, Apr. 1976.
- HEINTZE, S.D. How to qualify and validate wear simulation devices and methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 8, p. 712-734, Aug. 2006

HEINTZE, S.D. et al. Surface deterioration of dental materials after simulated toothbrushing in relation to brushing time and load. **Dent Mat**, Washington, v. 26, p. 306-319, 2010.

JAARDA, M.J.; WANG, R.F.; LANG, B.R. A regression analysis of filler particle content to predict composite wear. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 77, n. 1, p.57-67, Jan. 1997.

JONES, C.S.; BILLINGTON, R.W.; PEARSON, G.J. The in vivo perception of roughness of restorations. **Br. Dent. J.**, London, v. 196, n. 1, p. 42-45, Jan. 2004.

KAZUZA, B.F. **Avaliação da resistência ao desgaste abrasivo de resinas compostas universais**. 2007. 118f. Dissertação ( Mestrado em Odontologia – Área de concentração Dentística) – Programa de Pós-Graduação em Odontologia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

KANTER, J.; KOSKI, R.E.; MARTIN, D. The relationship of weight loss to surface roughness of composite resins from simulated toothbrushing. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 47, p. 505-13, May 1982.

KAWAGUCHI, M.; FUKUSHIMA, T.; HORIBE, T. Effects of monomers structure on the mechanical proprieties of light-cured composite resins. **Dent. Mat.**, Washington, v. 8, p. 44, 1989.

KAWAI, K.; ISENBERG, K.; LEINFELDER, K.F. Effect of surface-penetrating sealant on composite wear. **Dent. Mat.**, Washington, v. 9, n. 2, p. 108-113, Mar. 1993.

KAWAI, K.; IWAMI, Y.; EBISU, S. Effect of resin monomer composition on toothbrush wear resistance. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 25, n. 4, p. 264-268, Apr. 1998.

LAMBRECHTS, P. et al. How to simulate wear? Overview of existing methods. **Dent. Mater.**, Washington, v. 22, n. 8, p.693-701, Aug. 2006

LEE, Y.K. et al. Changes in gloss after simulated generalized wear of composite resins. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 94, n. 4, p.370-376, Oct. 2005.

LEINFELDER, K.F. Wear patterns and rates of posterior composite resins. **Int. Dent. J.**, v. 37, n. 3, p.152-7, Sep. 1987.

\_\_\_\_\_. Posterior composite state-of-the-art clinical application. **Dent. Clin. N. Amer.**, v. 37, n. 2, p. 411-18, Jun. 1993.

LI, Y. et al. Effect of filler fraction content and size on properties of composite **J. Dent. Rest.**, Washington, v. 64, n. 12, p.1396-1401, Dec. 1985.

LIM, B.S. et al. Effect of filler fraction and filler surface treatment on wear of microfilled composites. **Dent. Mater.**, Washington, v. 18, n. 1, p.1-11, Jan. 2002.

LU, H. et al. Effect of surface roughness on stain resistance of dental resin composites. **J. Esthet. Restor. Dent.**, Hamilton, v. 17, n. 2, p.102-108, 2005..

MARGHALANI, H.Y. Effect of finishing/polishing systems on the surface roughness of novel posterior composites. **J. Esthet. Restor. Dent.**, Hamilton, v. 22, n. 2, p. 127-138, 2010.

MARTINS, F. et al. Microdureza da resinas em função da cor e luz halógena. **Pesqui. Odontol. Bras.**, v. 16, n. 3, p. 224-250, 2002.

McCABE, J.F.; SMITH, B.H. A method for measuring the wear of restorative material *in vivo*. **Brit Dent J**, v. 151, n. 3, p. 123-6, Aug. 1981.

McKINNEY, J.E.; WU, W. Chemical softening and wear of dental composites. **J. Dent. Res.**, v. 64, n. 11, p. 1326-31, Nov. 1995.

MILLER, W.D. Experiments and observations on the wasting of tooth tissue variously designated as erosion, abrasion, chemical abrasion, denudation, etc. **Dent. Cosmos**, v. 49, n. 1, p. 1-23, Jan. 1907.

MITRA, S.B.; WU, D.; HOLMES, B.N. An application of nanotechnology in advanced dental materials. **J. Am. Dent. Assoc.**, Chicago, v. 134, n. 10, p. 1382-90, 2003.

MONDELLI, R.F.L. et al. Surface roughness average and scanning electron microscopic observations of resin luting agents. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v. 11, n. 4, p. 327-31, Oct./Dec. 2003a.

\_\_\_\_\_. Avaliação comparativa de resinas compostas em relação à resistência à abrasão. **Rev. APCD**, São Paulo, v.57, n.6, p.439-442, 2003b.

\_\_\_\_\_. Evaluation of weight loss and surface roughness of compomers after simulated toothbrushing abrasion test. **J. Appl. Oral Sci.**, Bauru, v.13, n.2, p.131-135, 2005.

MORAES, R.R. et al. In vitro toothbrushing abrasion of dental resin composites: packable, microhybrid, nanohybrid and microfilled materials. **Braz. Oral Res.**, v. 22, n. 2, p. 112-118, 2008.

MORGADO G.L. **Avaliação da microdureza, rugosidade superficial e alteração de massa de diferentes compósitos submetidos à escovação simulada**. 2005. 90f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Odontologia - Universidade de Taubaté, Taubaté, 2005.

NAGEM FILHO, H.; CASTANEDA, J.C.; MAIA, H.P. Degradação de resinas compostas. **Rev. Bras. Odontol.**, v. 5, n. 5, p. 43-5, set./out. 1993.

NAGEM FILHO, H. et al. Surface roughness of composite resins after finishing and polishing. **Braz. Dent J**, v. 14, n. 1, p. 37-41, 2003.

ONO, R. **Estudo *in vitro* da rugosidade superficial produzida pela escovação na superfície de resinas compostas**. 1997. Tese (Doutorado)- Faculdade de Odontologia - Universidade Estadual de Campinas, Piracicaba, 1997.

PENTEADO, R.A.P.M. **Avaliação da rugosidade superficial e alteração de massa de duas resinas compostas por meio de microscopia de força atômica**. 2006. 83f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de Odontologia – Universidade de Taubaté, Taubaté, 2006.

ROSA, R.G.; VIMERCATI, B.M. Avaliação *in vitro* da perda de peso de diferentes resinas compostas após escovação simulada. **Braz. Oral Res.**, In SBPqO; Atibaia (SP). Anais... Special issue, v. 21, p. 48, Set. 2007.

SABBAGH, J. et al. Characterization of the inorganic fraction of resin composites. **J. Oral Rehabil.**, Oxford, v. 31, n. 11 p. 1090-1101, Nov. 2004.

SETCOS, J.C.; TARIM, B.; SUZUKI, S. Surface finish produced on resin composites by new polishing systems. **Quint. Int.**, v. 30, n. 3, p. 169-173, 1999.

SÖDERHOLM, K.J. et al. Clinical wear performance of eight experimental dental composites over three years determined by two measuring methods. **Eur. J. Oral Sci.**, Copenhagen, v. 109, n. 4, p. 273-281, Aug. 2001.

ST. GERMAIN, H. Properties of microfilled composite resins as influenced by filler content. **J. Dent. Res.**, Washington, v. 115, n. 4, p. 584-588, Oct. 1987.

TANOUE, N.; MATSUMURA, H.; ATSUTA, M. Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrush/dentifrice abrasion. **J. Prosthet. Dent.**, St. Louis, v. 84, n. 1, p. 93-97, July 2000.

TATE, W.H.; POWERS, J.M. Surface roughness of composites and hibrid ionomers. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 21, n. 2, p. 53-8, Mar./Apr. 1996.

TAYRA, M. et al. Efeito do acabamento, material e tempo sobre a superfície da resina composta. Estudo através da rugosimetria e microscopia eletrônica. **Rev. Gaúcha Odont.**, v. 33, n. 2, p. 143-50, abr./jun. 1985.

TURSSI, C.P. et al. Surface roughness assessment of resin-based materials during brushing preceded by pH-cycling simulations. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 26, n. 6, p. 576-584, Nov./Dez. 2001.

TURSSI, C.P.; FERRACANE, J.L.; SERRA, M.C. Abrasive wear of resin composites as related to finishing and polishing procedures. **Dent. Mater.**, Washington, v. 21, p. 641-648, 2005.

VIMERCATI, B.M. **Influência da aplicação de selante de superfície na perda de massa e alteração de rugosidade superficial de um compósito após aplicação tópica de flúor fosfato acidulado e ensaio de escovação**. 2007. 177f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Odontologia da Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2007.

WANG, L. **Avaliação comparativa da resistência à abrasão de resinas compostas “condensáveis”, submetidas à escovação simulada, através da**



**alteração de massa e da rugosidade superficial.** 2001. 133f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Odontologia de Bauru – Universidade de São Paulo, Bauru – SP, 2001.

WAKAMATSU, Y.; KAKUTA, K.; OGURA, H. Wear test combining simulated occlusal wear and toothbrush wear. **Dent. Mater. J.**, Tokyo, v. 22, n. 3, p. 383-396, Sept. 2003.

YAP, A.U.J.; LYE, K.W.; SAL, C.W. Surface characteristics of tooth-colored restoratives polished utilizing different polishing systems. **Oper. Dent.**, Seattle, v. 22, p. 260-65, 1997.

## 9. APÊNDICES

APÊNDICE A – Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (FS).

<b>Resina Composta</b>	<b>Peso MI</b>	<b>Peso MM</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>Peso MM</b>	<b>Peso MF</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
FS 1	0,3038	0,3035	0,0003	0,10	0,3035	0,3030	0,0005	0,16
	0,0310	0,0309			0,0309	0,0309		
FS 2	0,3094	0,3093	0,0001	0,03	0,3093	0,3091	0,0002	0,06
	0,0315	0,0315			0,0315	0,0315		
FS 3	0,3110	0,3108	0,0002	0,06	0,3108	0,3108	0,0000	0,00
	0,0317	0,0317			0,0317	0,0317		
FS 4	0,3181	0,3180	0,0001	0,03	0,3180	0,3174	0,0006	0,19
	0,0324	0,0324			0,0324	0,0324		
FS 5	0,3028	0,3025	0,0003	0,10	0,3025	0,3021	0,0004	0,13
	0,0309	0,0308			0,0308	0,0308		
FS 6	0,3132	0,3131	0,0001	0,03	0,3131	0,3130	0,0001	0,03
	0,0319	0,0319			0,0319	0,0319		
FS 7	0,3092	0,3091	0,0001	0,03	0,3091	0,3088	0,0003	0,10
	0,0315	0,0315			0,0315	0,0315		
FS 8	0,3105	0,3102	0,0003	0,10	0,3102	0,3107	0,0005	0,16
	0,0316	0,0316			0,0316	0,0317		
FS 9	0,3134	0,3131	0,0003	0,10	0,3131	0,3122	0,0009	0,29
	0,0319	0,0319			0,0319	0,0318		
FS 10	0,3216	0,3214	0,0002	0,06	0,3214	0,3206	0,0008	0,25
	0,0327	0,0327			0,0327	0,0327		

APÊNDICE B – Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina composta Filtek Supreme (FS).

<b>Resina Composta</b>	<b>RI</b>	<b>RM</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>RM</b>	<b>RF</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
FS 1	0,59	0,24	0,35	-59,32	0,24	0,28	0,04	16,66
FS 2	0,51	0,29	0,22	-43,14	0,29	0,33	0,04	13,79
FS 3	0,45	0,17	0,28	-62,22	0,17	0,34	0,17	100,00
FS 4	0,53	0,16	0,37	-69,81	0,16	0,33	0,17	106,25
FS 5	0,51	0,35	0,16	-31,37	0,35	0,43	0,08	22,85
FS 6	0,39	0,23	0,16	-41,03	0,23	0,25	0,02	8,70
FS 7	0,56	0,41	0,15	-26,79	0,41	0,46	0,05	12,20
FS 8	0,46	0,25	0,21	-45,65	0,25	0,28	0,03	12,00
FS 9	0,46	0,17	0,29	-63,04	0,17	0,40	0,23	135,29
FS 10	0,51	0,15	0,36	-70,59	0,15	0,37	0,22	146,66

APÊNDICE C – Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina Esthet X (EX)

<b>Resina</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
<b>Composta</b>	<b>MI</b>	<b>MM</b>			<b>MM</b>	<b>MF</b>		
EX 1	0,3512	0,3502	0,0010	0,28	0,3502	0,3483	0,0019	0,54
	0,0358	0,0357			0,0357	0,0355		
EX 2	0,3644	0,3641	0,0003	0,08	0,3641	0,3590	0,0051	1,40
	0,0371	0,0371			0,0371	0,0367		
EX 3	0,3306	0,3294	0,0012	0,36	0,3294	0,3287	0,0007	0,21
	0,0337	0,0336			0,0336	0,0335		
EX 4	0,3316	0,3310	0,0006	0,18	0,3310	0,3293	0,0017	0,51
	0,0338	0,0337			0,0337	0,0337		
EX 5	0,3497	0,3491	0,0006	0,17	0,3491	0,3484	0,0007	0,20
	0,0356	0,0356			0,0356	0,0355		
EX 6	0,3436	0,3422	0,0014	0,41	0,3422	0,3416	0,0006	0,17
	0,0350	0,0349			0,0349	0,0348		
EX 7	0,3550	0,3528	0,0022	0,62	0,3528	0,3508	0,0020	0,57
	0,0362	0,0360			0,0360	0,0358		
EX 8	0,3521	0,3515	0,0006	0,17	0,3515	0,3510	0,0005	0,14
	0,0358	0,0358			0,0358	0,0358		
EX 9	0,3518	0,3514	0,0004	0,11	0,3514	0,3503	0,0011	0,31
	0,0359	0,0358			0,0358	0,0357		
EX 10	0,3306	0,3304	0,0002	0,06	0,3304	0,3298	0,0006	0,18
	0,0337	0,0337			0,0337	0,0336		

APÊNDICE D – Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina Esthet X (EX)

<b>Resina Composta</b>	<b>RI</b>	<b>RM</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>RM</b>	<b>RF</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
EX 1	0,09	0,09	0,00	0,00	0,09	0,21	0,12	133,33
EX 2	0,17	0,15	0,02	-11,76	0,15	0,34	0,19	126,66
EX 3	0,44	0,23	0,21	-47,73	0,23	0,38	0,15	65,22
EX 4	0,08	0,11	0,03	37,50	0,11	0,14	0,03	27,27
EX 5	0,09	0,09	0,00	0,00	0,09	0,31	0,22	244,44
EX 6	0,56	0,33	0,23	-41,07	0,33	0,46	0,13	39,39
EX 7	0,27	0,17	0,10	-37,04	0,17	0,21	0,04	23,53
EX 8	0,10	0,08	0,02	-20,00	0,08	0,33	0,25	312,5
EX 9	0,49	0,17	0,32	-65,31	0,17	0,38	0,21	123,53
EX 10	0,17	0,15	0,02	-11,76	0,15	0,25	0,10	66,66

APÊNDICE E – Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina Durafill VS (DU)

<b>Resina</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
<b>Composta</b>	<b>MI</b>	<b>MM</b>			<b>MM</b>	<b>MF</b>		
DU 1	0,2467	0,2465	0,0002	0,08	0,2465	0,2444	0,0021	0,85
	0,0251	0,0251			0,0251	0,0249		
DU 2	0,2548	0,2546	0,0002	0,08	0,2546	0,2532	0,0014	0,55
	0,0260	0,0260			0,0260	0,0258		
DU 3	0,2369	0,2368	0,0001	0,04	0,2368	0,2352	0,0016	0,68
	0,0241	0,0241			0,0241	0,0240		
DU 4	0,2512	0,2507	0,0005	0,20	0,2507	0,2416	0,0091	3,63
	0,0256	0,0255			0,0255	0,0246		
DU 5	0,2444	0,2442	0,0002	0,08	0,2442	0,2454	0,0012	0,49
	0,0249	0,0249			0,0249	0,0250		
DU 6	0,2560	0,2559	0,0001	0,04	0,2559	0,2564	0,0005	0,19
	0,0261	0,0261			0,0261	0,0261		
DU 7	0,2569	0,2568	0,0001	0,04	0,2568	0,2504	0,0064	2,49
	0,0262	0,2462			0,2462	0,0255		
DU 8	0,2452	0,2451	0,0001	0,04	0,2451	0,2450	0,0001	0,04
	0,0250	0,0250			0,0250	0,0250		
DU 9	0,2452	0,2448	0,0004	0,16	0,2448	0,2441	0,0007	0,29
	0,0250	0,0250			0,0250	0,0250		
DU 10	0,2577	0,2571	0,0006	0,23	0,2571	0,2568	0,0003	0,12
	0,0262	0,0262			0,0262	0,0262		

APÊNDICE F – Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina Durafill VS (DU)

<b>Resina Composta</b>	<b>RI</b>	<b>RM</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>RM</b>	<b>RF</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
DU 1	0,36	0,30	0,06	-16,66	0,30	0,58	0,28	93,33
DU 2	0,38	0,36	0,02	-5,26	0,36	0,42	0,06	16,66
DU 3	0,32	0,32	0,00	0,00	0,32	0,40	0,08	25,00
DU 4	0,14	0,14	0,00	0,00	0,14	0,49	0,35	250,00
DU 5	0,11	0,10	0,01	-9,09	0,10	0,43	0,33	330,00
DU 6	0,13	0,10	0,03	-23,08	0,10	0,44	0,34	340,00
DU 7	0,08	0,28	0,20	250,00	0,28	0,52	0,24	85,71
DU 8	0,16	0,09	0,07	-43,75	0,09	0,25	0,16	177,77
DU 9	0,22	0,10	0,12	-54,55	0,10	0,38	0,28	280,00
DU 10	0,24	0,20	0,04	-16,66	0,20	0,28	0,08	40,00

APÊNDICE G – Médias dos valores iniciais (MI) e intermediários (MM), e intermediários (MM) e finais (MF) de massa, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda de massa (%) de cada corpo-de-prova da resina Opallis (OP)

<b>Resina</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>Peso</b>	<b>Peso</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
<b>Composta</b>	<b>MI</b>	<b>MM</b>			<b>MM</b>	<b>MF</b>		
OP 1	0,3113	0,3101	0,0012	0,39	0,3101	0,3087	0,0014	0,45
	0,0317	0,0317			0,0317	0,0314		
OP 2	0,3311	0,3305	0,0005	0,18	0,3305	0,3281	0,0024	0,72
	0,0337	0,0337			0,0337	0,0334		
OP 3	0,3220	0,3212	0,0008	0,25	0,3212	0,3194	0,0018	0,56
	0,0328	0,0327			0,0327	0,0326		
OP 4	0,3167	0,3163	0,0004	0,13	0,3163	0,3154	0,0009	0,28
	0,0323	0,0322			0,0322	0,0322		
OP 5	0,3045	0,3041	0,0004	0,13	0,3041	0,3027	0,0014	0,46
	0,0310	0,0310			0,0310	0,0309		
OP 6	0,3191	0,3176	0,0015	0,47	0,3176	0,3169	0,0007	0,22
	0,0325	0,0324			0,0324	0,0323		
OP 7	0,3164	0,3156	0,0008	0,25	0,3156	0,3144	0,0012	0,38
	0,0322	0,0322			0,0322	0,0320		
OP 8	0,3324	0,3315	0,0009	0,27	0,3315	0,3307	0,0008	0,24
	0,0339	0,0338			0,0338	0,0338		
OP 9	0,3169	0,3163	0,0006	0,19	0,3163	0,3157	0,0006	0,18
	0,0323	0,0322			0,0322	0,0322		
OP 10	0,3089	0,3078	0,0011	0,36	0,3078	0,3070	0,0008	0,25
	0,0315	0,0314			0,0314	0,0313		



APÊNDICE H – Médias dos valores iniciais (RI) e intermediários (RM), e intermediários (RM) e finais (RF) de rugosidade superficial, diferenças entre eles (D) e porcentagem da perda da rugosidade superficial (%) de cada corpo-de-prova da resina Opallis (OP)

<b>Resina Composta</b>	<b>RI</b>	<b>RM</b>	<b>D</b>	<b>%</b>	<b>RM</b>	<b>RF</b>	<b>D</b>	<b>%</b>
OP 1	0,47	0,16	0,31	-65,96	0,16	0,28	0,12	75,00
OP 2	0,45	0,12	0,33	-73,33	0,12	0,15	0,03	25,00
OP 3	0,25	0,07	0,18	-72,00	0,07	0,19	0,12	171,43
OP 4	0,13	0,25	0,12	92,30	0,25	0,66	0,41	164,00
OP 5	0,57	0,57	0,00	0,00	0,57	0,50	0,07	12,28
OP 6	0,19	0,14	0,05	-26,32	0,14	0,21	0,07	50,00
OP 7	0,59	0,35	0,24	-40,68	0,35	0,22	0,13	37,14
OP 8	0,57	0,10	0,47	-82,46	0,10	0,32	0,22	220,00
OP 9	0,29	0,13	0,16	-55,17	0,13	0,70	0,57	438,46
OP 10	0,27	0,27	0,00	0,00	0,27	0,31	0,04	14,81